



(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.11.17

(51) Int. Cl. *F01K 3/18* (2006.01)
F01K 25/10 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.03.23

(54) УСТАНОВКА И СПОСОБ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

(31) 102020000006196

(32) 2020.03.24

(33) IT

(86) PCT/IB2021/052387

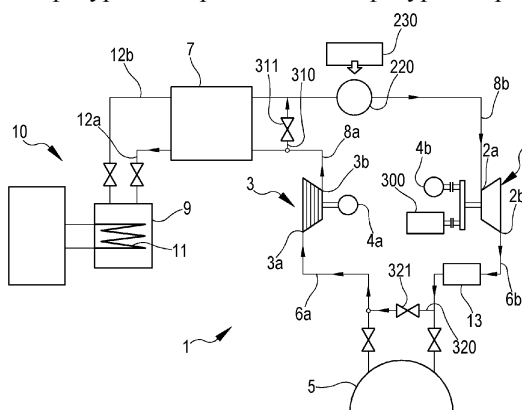
(87) WO 2021/191786 2021.09.30

(71) Заявитель:
ЭНЕРДЖИ ДОУМ С.П.А. (IT)

(72) Изобретатель:
Спадачини Клаудио (IT)

(74) Представитель:
Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.,
Галухина Д.В., Алексеев В.В. (RU)

(57) Установка (1) для хранения энергии содержит кожух (5) для хранения рабочей текучей среды, отличной от атмосферного воздуха, в газовой фазе и в равновесии по давлению с атмосферой; резервуар (9) для хранения такой рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре, причем указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды. Установка (1) выполнена с возможностью выполнения замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП) сначала в одном направлении в конфигурации заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации разряда, между указанным кожухом (5) и указанным резервуаром (9), причем в конфигурации заряда установка сохраняет тепло и давление, а в конфигурации разряда установка (1) генерирует энергию. Установка (1) также дополнительно выполнена с возможностью определения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) в указанном замкнутом контуре по меньшей мере с частью указанной рабочей текучей среды, опционально пока указанная установка (1) находится в конфигурации заряда или в конфигурации разряда.



УСТАНОВКА И СПОСОБ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

ОПИСАНИЕ

Область техники

Объектом настоящего изобретения является установка и способ генерирования и хранения энергии.

Конкретнее, объектом настоящего изобретения является система, способная поглощать/использовать энергию, поддерживать в течение времени хранимую энергию и способная преобразовывать ее в механическую энергию для приведения в действие одной или более приводных машин и/или способная преобразовывать ее в электрическую энергию и повторно вводить ее в сеть в моменты потребности в указанной электрической энергии, а также генерировать электрическую энергию из внешнего источника энергии (например, энергии рекуперации тепла / регенерации сбросного тепла, солнечной энергии, водорода (H₂), биомассы, отходов, ископаемого топлива).

Более подробно настоящее изобретение относится к системе генерации из различных источников и сохранения электрической энергии в виде потенциальной энергии (давления) и тепловой/термодинамической энергии, посредством осуществления термодинамического цикла и/или циклического термодинамического преобразования.

Настоящее изобретение относится к области систем генерации из различных источников и хранения энергии среднего и крупного масштаба, как для наземного, так и для морского применения, обычно с мощностью от сотен кВт до десятков МВт (например, 20-25 МВт), а также сотен МВт, и с емкостью хранения от нескольких сотен кВтч до сотен МВтч и даже до нескольких ГВтч.

Настоящее изобретение также может быть расположено в области систем генерации из различных источников и хранения энергии небольшого масштаба, для домашнего и коммерческого применения, как на суше, так и на море, как правило, с мощностью от нескольких кВт до нескольких сотен кВт и с емкостью хранения от нескольких кВтч до сотен кВтч.

Определения

В настоящем описании и в прилагаемой формуле изобретения будет сделана ссылка на следующие определения.

Термодинамический цикл (ТЦ): термодинамическое преобразование из точки X в точку Y, где X совпадает с Y; ТЦ, в отличие от ТЦП (циклического термодинамического преобразования), упомянутого ниже, не имеет накоплений массы (значимых для энергетических целей) в пределах цикла, в то время как ТЦП обычно работает между двумя хранилищами рабочей текучей среды, одним начальным и другим конечным;

Термодинамическое циклическое преобразование (ТЦП): термодинамическое преобразование из точки X в точку Y и из точки Y в точку X, не обязательно с прохождением из одних и тех же промежуточных точек;

Закрытый/ое ТЦ и/или ТЦП: с массообменом (важного для энергетических целей) с атмосферой;

Открытый/ое ТЦ и/или ТЦП: с массообменом (важным для энергетических целей) с атмосферой.

Уровень техники

В последнее время в связи с растущим распространением систем генерирования энергии из возобновляемых источников и, в частности, из ветровых и фотоэлектрических источников, которые характеризуются изменчивостью и непредсказуемостью производства, все большее значение приобретают системы хранения электрической энергии.

Наряду с вышеупомянутой потребностью возрастает также потребность в системах для генерирования и рекуперации энергии из нетрадиционных и непрограммируемых источников в отсутствие "накопителей энергии", таких как, например, термодинамические солнечные источники.

Общедоступный документ WO/2020/039416 того же заявителя иллюстрирует установку и способ хранения энергии. Установка содержит кожух для хранения рабочей текучей среды, отличной от атмосферного воздуха, в газовой фазе и в равновесии по давлению с атмосферой; резервуар для хранения такого рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре, в котором указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды. Установка выполнена с возможностью осуществления замкнутого циклического термодинамического преобразования, сначала в одном направлении в конфигурации заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации разряда, между кожухом и резервуаром. В

конфигурации заряда установка хранит тепло и давление, а в конфигурации разряда генерирует энергию.

Раскрытие сущности изобретения

Заявитель отметил, что способ и установка, описанные в WO/2020/039416, могут быть дополнительно улучшены, в частности, в отношении их гибкости.

Заявитель также отметил, что способ может быть улучшен вплоть до интеграции и создания системы для получения механической/электрической энергии из непрограммируемых источников и из других источников.

Заявитель, в частности, счел необходимым создать системы для генерирования механической/электрической энергии, которые способны регулировать поглощенную и генерируемую энергию, в частности, электрическую энергию, которой обмениваются с электрической сетью способом, не пропорциональным входу энергии, таким образом, получая первичный двигатель (или наоборот тепловой насос), способный доставлять мощность, не пропорциональную входу энергии или лучше все же пропорциональную такому входу, но смещенную во времени.

В этом контексте заявителем поставлена задача по созданию и получению установки и способа для генерирования и хранения энергии, позволяющие: временно освобождать механический/электрический выход от входа энергии и/или регулировать частоту сети (как сверхбыструю, так и первичную регулировку); выполнять операции быстрого линейного изменения, операции балансировки и т. д.

Заявитель обнаружил, что вышеуказанные цели и другие могут быть достигнуты с помощью системы хранения энергии, работающей с помощью циклических термодинамических преобразований (ЦТП) рабочей текучей среды, как показано в WO/2020/039416, в сочетании с замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ), выполняемым по меньшей мере частью той же рабочей текучей среды.

Система хранения энергии (ЦТП) работает сначала в одном направлении, а затем в противоположном направлении, между хранилищами рабочей текучей среды в двух отдельных резервуарах, один из которых (при более низкой температуре) атмосферный, но который состоит не из атмосферного воздуха, а из другого газа, находящегося в равновесии давлений с атмосферой. Указанная система также характеризуется тем, что хранит энергию, переводя рабочую текучую среду из исходного газообразного/парообразного состояния в конечное жидкое или сверхкритическое состояние с температурой, близкой к критической температуре

(например, менее чем в 1,2 раза выше критической температуры в Кельвинах, предпочтительно от 0,5 до 1,2 раза). Она также характеризуется тем, что указанная критическая температура предпочтительно находится недалеко от температуры окружающей среды, предпочтительно близко к температуре окружающей среды (предпочтительно от 0 °C до 200 °C, предпочтительнее от 0 °C до 100 °C).

Закрытый термодинамический цикл (ТЦ) может быть докритическим, сверхкритическим или транскритическим и осуществляться теми же машинами системы хранения энергии (ЦТП), что работают в качестве первичного двигателя (или теплового насоса). Таким образом, в целом система является гибридной и работает как в качестве батареи (накопителя энергии ЦТП), так и в качестве первичного двигателя/теплового насоса (ТЦ).

Рабочая текучая среда предпочтительно представляет собой углекислый газ (CO_2), но для улучшения характеристик системы, в том числе в отношении конкретных условий окружающей среды, в которых она работает, может быть использована смесь CO_2 и других веществ для коррекции критической температуры T_c текучей среды. Можно использовать другие текучие среды, такие как SF_6 , N_2O и т. д., всегда чистые или смешиваемые с другими. В предлагаемой системе имеется хранилище тепла, рекуперированного из подачи компрессора. Резервуары, как при высоком, так и при низком давлении, работают при постоянном давлении или при давлении, которое в любом случае регулируется в пределах определенных четко определенных диапазонов, как при работе системы в докритических, так и при сверхкритических условиях, возможно, с различными стратегиями регулировки.

В частности, вышеуказанные цели и другие задачи по существу достигаются посредством установки и способа генерирования и сохраненная энергии, заявленным в прилагаемой формуле изобретения и/или описанным в последующих аспектах.

В независимом аспекте настоящее изобретение относится к установке для генерирования и хранения энергии.

Предпочтительно установка содержит: рабочую текучую среду, отличную от атмосферного воздуха; кожух, выполненный с возможностью хранения рабочей текучей среды в газовой фазе и в равновесии давления с атмосферой; резервуар, выполненный с возможностью хранения указанной рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре.

Предпочтительно, указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды, предпочтительно от 0°C до 100°C.

Предпочтительно установка выполнена с возможностью выполнения замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП), сначала в одном направлении в конфигурации заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации разряда, между указанным кожухом и указанным резервуаром; в котором в конфигурации заряда установка сохраняет тепло и давление, а в конфигурации разряда установка генерирует энергию.

Предпочтительно установка также выполнена с возможностью определения/разграничения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) в указанном замкнутом контуре с по меньшей мере частью указанной рабочей текучей среды.

Предпочтительно, установка также выполнена с возможностью выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ), когда указанная установка находится в конфигурации заряда или в конфигурации разряда.

В независимом аспекте настоящее изобретение относится к способу генерирования и хранения энергии.

Опционально, такой способ осуществляют с установкой в соответствии с предшествующим аспектом и/или в соответствии по меньшей мере с одним из следующих аспектов.

Предпочтительно, способ включает: осуществление замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП), сначала в одном направлении в конфигурации/фазе заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации/фазе разряда, между кожухом для хранения рабочей текучей среды, отличной от атмосферного воздуха, в газовой фазе и в равновесии давления с атмосферой, и резервуаром для хранения указанной рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре. В фазе заряда способ накапливает тепло и давление, а в фазе разряда способ генерирует энергию.

Предпочтительно, указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды, предпочтительно от 0°C до 100°C.

Предпочтительно, способ включает: выполнение с по меньшей мере частью указанной рабочей текучей среды замкнутого термодинамического цикла (ТЦ).

Предпочтительно, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) представляет собой цикл Брайтона.

Предпочтительно, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) проводится одновременно с фазой заряда или с фазой разряда.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) работает без накопления и без высвобождения, то есть с чистым потоком рабочей текучей среды из хранилищ и к ним (резервуару и кожуху) при высоком и низком давлении, которое пренебрежимо мало или равно нулю.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является циклом первичного двигателя и генерирует электрическую и/или механическую энергию, опционально без накопления или разряда дополнительной энергии.

В другом аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) представляет собой цикл теплового насоса и генерирует, и выделяет тепло, опционально без накопления или разряда дополнительной энергии.

Заявителем проверено, что установка и способ, согласно изобретению, позволяют достичь предварительно установленных целей.

В частности, заявителем проверено, что изобретение позволяет управлять поглощенной и сохраненной энергией, возвращаемой и генерируемой гибким и эффективным образом.

Например, изобретение позволяет регулировать частоту сети; выполнять операции быстрого линейного изменения, быстрого резервирования или быстрого резервирования управления, первичного резервирования, балансировки и т. д.

Например, если предположить, что определенное количество рабочей текучей среды накапливается в резервуаре 9, и предположить, что замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) с 25% эффективностью с дополнительной тепловой энергией (заданной дополнительным теплообменником, который получает тепло от дополнительного источника тепла) 20 МВт тепловой энергии, это означает, что чистая электрическая энергия цикла равна 5 МВт (результат турбины 13 МВт и компрессора 8 МВт, последний вычитается из энергии, генерируемой турбиной). В случае необходимости можно выключить или в любом случае поместить компрессор 3 в условиях минимальной абсорбции и, следовательно, обеспечить работу быстродействующей резервной установки 13 МВт, используя рабочую текучую среду, хранящуюся в резервуаре 9.

Заявителем также проверено, что изобретение позволяет безопасно и с низким воздействием на окружающую среду эксплуатировать хранение энергии в местах без особых геоморфологических характеристик, в том числе в случае

морских/офшорных применений. Заявителем также проверено, что изобретение позволяет получать высокие значения RTE.

Аспекты изобретения приведены ниже.

В одном аспекте рабочая текучая среда имеет критическую температуру от 0°C до 200°C.

В одном аспекте плотность рабочей текучей среды при 25°C составляет от 0,5 кг/м³ до 10 кг/м³.

В одном аспекте рабочая текучая среда выбрана из группы, содержащей: CO₂, SF₆, N₂O.

В одном аспекте установка содержит компрессор и двигатель, механически соединенные друг с другом.

В одном аспекте установка содержит турбину и электрический генератор и/или приводную машину (отличную от электрического генератора), механически соединенные друг с другом.

В одном аспекте двигатель и генератор являются единым двигателем-генератором.

В одном аспекте соединительные устройства, например, фрикционного типа, расположенные между двигатель-генератором и турбиной и между двигатель-генератором и компрессором, выполнены с возможностью подключения и отсоединения, по команде, турбины и/или компрессора к двигатель-генератору и от него.

В одном аспекте установка содержит указанный кожух, внешне контактирующий с атмосферой и на своей внутренней части ограничивающий объем, выполненный с возможностью вмещения рабочей текучей среды при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении, в котором указанный объем выборочно сообщается по текучей среде с входом компрессора или с выходом турбины.

В одном аспекте первичный теплообменник выборочно сообщается по текучей среде с выходом компрессора или с входом турбины.

В одном аспекте установка содержит указанный резервуар, сообщающийся по текучей среде с первичным теплообменником для накопления рабочей текучей среды.

В одном аспекте вторичный теплообменник является функционально активным между первичным теплообменником и резервуаром или является функционально активным в указанном резервуаре.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально расположен между кожухом и компрессором и/или между кожухом и турбиной.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально расположен между турбиной и первичным теплообменником.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально связан с дополнительным источником тепла.

В одном аспекте, если замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является циклом первичного двигателя, дополнительный источник тепла подает тепло через дополнительный теплообменник к рабочей текучей среде.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально связан с потребителем тепла.

В одном аспекте, если замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является циклом теплового насоса, дополнительный теплообменник тепла для рабочей текучей среды передает тепло потребителю тепла.

В одном аспекте установка выполнена с возможностью работы в конфигурации заряда или в конфигурации разряда.

В одном аспекте установка выполнена с возможностью определения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ).

В одном аспекте в конфигурации зарядки кожух сообщается по текучей среде с входом компрессора, а первичный теплообменник сообщается по текучей среде с выходом компрессора.

В одном аспекте в конфигурации заряда турбина находится в состоянии покоя или активна для выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ).

В одном аспекте в конфигурации заряда через турбину протекает минимальное количество текучей среды.

В одном аспекте в конфигурации заряда двигатель работает и приводит в действие компрессор для сжатия рабочей текучей среды, поступающей из кожуха.

В одном аспекте, в конфигурации заряда, первичный теплообменник работает как охладитель для отвода тепла от сжатого рабочей текучей среды, для его охлаждения и хранения тепловой энергии.

В одном аспекте, в конфигурации зарядки, вторичный теплообменник работает как охладитель для дальнейшего отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды и хранения дополнительной тепловой энергии.

В одном аспекте в конфигурации заряда резервуар принимает и хранит сжатую и охлажденную рабочую текучую среду, в которой рабочая текучая среда, хранящаяся в резервуаре, имеет температуру, близкую к критической температуре.

В одном аспекте в конфигурации разряда кожух сообщается по текучей среде с выходом турбины, а первичный теплообменник сообщается по текучей среде с входом турбины.

В одном аспекте в конфигурации разряда компрессор находится в состоянии покоя или активен для выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ).

В одном аспекте в конфигурации разряда компрессор вращается (соединенный с двигателем/генератором), но в конфигурации рециркуляции текучей среды, таким образом, чтобы повторно поглощать минимальную энергию.

В одном аспекте в конфигурации разряда и/или в конфигурации заряда и/или во время выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) все вращающиеся машины (турбины, компрессоры, двигатели, генераторы, двигатель-генераторы) вращаются.

В одном аспекте все вращающиеся машины синхронизированы с сеткой.

Заявитель убедился, что обеспечение вращения машин (турбины/турбин и/или компрессора/компрессоров), независимо от замкнутого термодинамического цикла (ТЦ), позволяет очень быстро перейти от фазы заряда к фазе разряда, даже менее чем за 1 секунду, и, кроме того, тот факт, что машины подключены к сети, позволяет обеспечить инерцию сети, что позволяет продавать услуги сверхбыстрой регулировки.

В одном аспекте в конфигурации разряда вторичный теплообменник работает в качестве нагревателя для отвода тепла в рабочую текучую среду, поступающую из резервуара.

В одном аспекте в конфигурации разряда первичный теплообменник работает в качестве нагревателя для высвобождения дополнительного тепла в рабочую текучую среду и нагревания ее.

В одном аспекте в конфигурации разряда турбина вращается нагретой рабочей текучей средой и приводит в движение генератор и/или приводную машину, генерируя энергию.

В одном аспекте в конфигурации разряда рабочая текучая среда возвращается в кожух при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении.

В одном аспекте замкнутый контур содержит или проходит через: компрессор, дополнительный теплообменник, турбину и дополнительный теплообменник.

В одном аспекте в указанном замкнутом контуре выход компрессора по текучей среде соединен с дополнительным теплообменником, выход турбины по текучей среде соединен с входом компрессора, и указанный дополнительный теплообменник функционально расположен между выходом турбины и входом компрессора.

В одном аспекте фаза заряда содержит: сжатие в компрессоре указанной рабочей текучей среды, поступающей из указанного кожуха снаружи в контакте с атмосферой, и разделение, в его внутреннем пространстве, объема, конфигурированного вмещать рабочую текучую среду при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении, поглощая энергию.

В одном аспекте фаза заряда включает: введение сжатой рабочей текучей среды через первичный теплообменник и вторичный теплообменник, расположенный последовательно, чтобы довести температуру рабочей текучей среды до критической температуры; причем первичный теплообменник работает как охладитель для отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды, охлаждения ее и сохранения тепловой энергии, причем вторичный теплообменник работает как охладитель для дальнейшего отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды и сохранения дополнительной тепловой энергии.

В одном аспекте фаза заряда включает в себя: сохранение охлажденной рабочей текучей среды в указанном резервуаре; в котором вторичный теплообменник и первичный теплообменник осуществляют сверхкритическое преобразование рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре в сверхкритической фазе, или в котором вторичный теплообменник и первичный теплообменник осуществляют докритическое преобразование рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре в жидкой фазе.

В одном аспекте температура рабочей текучей среды, хранящейся в резервуаре, составляет от 0 ° C до 100 ° C.

В одном аспекте давление рабочей текучей среды, хранящейся в резервуаре, составляет от 10 бар до 150 бар.

В одном аспекте фаза разряда включает: пропускание рабочей текучей среды, поступающей из резервуара, через вторичный теплообменник и первичный теплообменник; причем вторичный теплообменник работает в качестве нагревателя для высвобождения тепла к рабочей текучей среде, поступающей из резервуара, при этом первичный теплообменник работает в качестве нагревателя для высвобождения дополнительного тепла к рабочей текучей среде и ее нагревания.

В одном аспекте фаза разряда включает: пропускание нагретой рабочей текучей среды через турбину, в которой турбина вращается нагретой рабочей текучей средой и приводит в движение генератор и/или приводную машину, генерируя энергию, в которой рабочая текучая среда расширяется и охлаждается в турбине.

В одном аспекте фаза разряда включает в себя: повторное введение рабочей текучей среды, поступающей из турбины в кожух, при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) включает в себя: сжатие по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в компрессоре.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) включает: пропускание указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды через дополнительный теплообменник, функционально связанный с дополнительным источником тепла, и дополнительный нагрев указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) содержит: расширение указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды, нагретой посредством турбины, причем турбина вращается нагретой рабочей текучей средой и приводит в движение генератор и/или приводную машину, генерируя энергию, причем рабочая текучая среда расширяется и охлаждается в турбине.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) включает в себя: охлаждение указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в дополнительном теплообменнике и повторное введение указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в компрессор.

В одном аспекте часть рабочей текущей среды, которая работает в соответствии с замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ), составляет от 0% до 100% указанной рабочей текущей среды.

В одном аспекте часть рабочей текущей среды, которая работает в соответствии с замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ), составляет от 20% до 30% указанной рабочей текущей среды.

В одном аспекте оставшаяся часть рабочей текущей среды, накапливаемая в резервуаре или в кожухе, составляет от 100% до 0% указанной рабочей текущей среды.

В одном аспекте оставшаяся часть рабочей текущей среды, накопленная в резервуаре или в кожухе, составляет от 80% до 70% указанной рабочей текущей среды.

В одном аспекте предусмотрен первый обходной канал.

В одном аспекте первый обходной канал содержит соответствующий первый клапан.

В одном аспекте первый обходной канал выполнен с возможностью соединения выпускного отверстия компрессора с дополнительным теплообменником и обхода первого теплообменника и резервуара.

В одном аспекте обеспечен второй обходной канал.

В одном аспекте второй обходной канал содержит соответствующий второй клапан.

В одном аспекте второй обходной канал выполнен с возможностью соединения выхода турбины с входом компрессора и обхода кожуха.

В одном аспекте предусмотрены нагнетательные трубы, проходящие от кожуха к резервуару, и возвратные трубы, проходящие от резервуара к кожуху.

В одном аспекте первый обходной канал соединяет нагнетательные трубы с возвратными трубами вблизи первого теплообменника.

В одном аспекте второй обходной канал соединяет нагнетательные трубы с возвратными трубами вблизи кожуха.

В одном аспекте первый клапан и второй клапан могут быть дросселированы для регулирования потока рабочей текущей среды в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ).

В одном аспекте первичный теплообменник представляет собой или функционально связан с хранилищем тепла (Хранилище Тепловой Энергии - ХТЭ).

В одном аспекте нагнетательные трубы содержат первую секцию, которая проходит между кожухом и впускным отверстием компрессора.

В одном аспекте нагнетательные трубы содержат вторую секцию, которая проходит между выпускным отверстием компрессора и первичным теплообменником.

В одном аспекте нагнетательные трубы содержат третью секцию, которая проходит между первичным теплообменником и вторичным теплообменником.

В одном аспекте возвратные трубы содержат первую секцию, которая проходит между вторичным теплообменником и первичным теплообменником.

В одном аспекте возвратные трубы содержат вторую секцию, которая проходит между первичным теплообменником и впускным отверстием турбины.

В одном аспекте возвратные трубы содержат третью секцию, которая проходит между выпускным отверстием турбины и кожухом.

В одном аспекте вторая секция нагнетательных труб и вторая секция возвратных труб соединены друг с другом и с одной трубой на одной стороне первичного теплообменника.

Третья секция нагнетательных труб и первая секция возвратных труб соединены друг с другом и с одной трубой с одной стороны первичного теплообменника.

В одном аспекте через первичный теплообменник проходит указанная одна труба или множество труб, которые выполняют/выполняют функцию доставки, когда установка находится в конфигурации/фазе заряда, и возврата, когда установка находится в конфигурации/фазе разряда.

В одном аспекте по меньшей мере один клапан функционально расположен на первом участке нагнетательных труб и/или на третьем участке возвратных труб, чтобы попеременно размещать в сообщении по текучей среде кожух с компрессором или турбину с кожухом.

В одном аспекте по меньшей мере один клапан функционально расположен на второй секции или на третьей секции нагнетательных труб и/или на второй секции или на первой секции возвратных труб, чтобы попеременно размещать в сообщении по текучей среде компрессор с первичным теплообменником и с резервуаром или первичным теплообменником и резервуаром с турбиной.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально соединен с первой секцией нагнетательных труб и/или с третьей секцией возвратных труб.

В одном аспекте дополнительный теплообменник функционально соединен со второй секцией возвратных труб.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является рекуперативным.

В одном аспекте рекуператор является функционально активным между первичным теплообменником и дополнительным теплообменником и между выходом турбины и дополнительным теплообменником.

В одном аспекте рекуператор функционально соединен со второй и третьей секциями возвратных труб.

В одном аспекте дополнительный источник тепла представляет собой: солнечный источник (например, солнечное поле) и/или промышленное рекуперационное остаточное тепло (рекуперация отработанного тепла) и/или отработанное тепло газовой турбины (ГТ) и/или тепло, поступающее из топливного котла.

В одном аспекте дополнительный источник тепла представляет собой надстроечный термодинамический цикл. Другими словами, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) представляет собой утилизационный термодинамический цикл комбинированной системы/цикла (надстроечный+утилизационный).

В одном аспекте турбина является многоступенчатой и имеет промежуточный нагрев.

В одном аспекте расширение осуществляется с промежуточным нагреванием.

В одном аспекте дополнительный теплообменник соединен по текучей среде по меньшей мере с одной ступенью турбины для промежуточного нагрева указанной турбины.

В одном аспекте контур промежуточного нагрева соединяет турбину с дополнительным теплообменником.

В одном аспекте дополнительный теплообменник обеспечивает промежуточный нагрев турбины.

В одном аспекте промежуточный нагрев осуществляют при примерно половинном расширении.

В одном аспекте изобретения компрессор является многоступенчатым и имеет промежуточное охлаждение.

В одном аспекте предусмотрено выполнение множества промежуточных охлаждений в фазе заряда и/или в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ).

В одном аспекте первичный теплообменник представляет собой или содержит регенератор тепла с неподвижным или подвижным слоем.

В одном аспекте кожух является деформируемым.

В одном аспекте кожух имеет конструкцию газометра.

В одном аспекте кожух представляет собой баллон под давлением.

В одном аспекте кожух изготовлен из гибкого материала, предпочтительно пластика, например, из полиэфирной ткани с ПВХ-покрытием.

В одном аспекте сжатие рабочей текучей среды в компрессоре является промежуточным охлаждением.

В одном аспекте резервуар является сферическим или по существу сферическим.

В одном аспекте резервуар является цилиндрическим или по существу цилиндрическим.

В одном аспекте наружная стенка резервуара выполнена из металла.

В одном аспекте температура рабочей текучей среды, хранящейся в резервуаре, составляет от 0 °С до 100 °С.

В одном аспекте давление рабочей текучей среды, хранящейся в резервуаре, составляет от 10 бар до 150 бар, предпочтительно от 10 бар до 150 бар, предпочтительно от 50 до 100 бар, предпочтительно от 60 до 85 бар.

В одном аспекте соотношение между плотностью рабочей текучей среды, содержащейся в резервуаре, и плотностью той же рабочей текучей среды, содержащейся в кожухе, составляет от 200 до 500.

В одном аспекте вторичный теплообменник и первичный теплообменник выполнены с возможностью работы со сверхкритическим преобразованием рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре в сверхкритической фазе.

В одном аспекте предусматривается отвод тепла от рабочей текучей среды в первичном теплообменнике до доведения его, на диаграмме Т-S, до температуры выше критической температуры и выше кривой Эндрюса.

В одном аспекте предусмотрено отведение тепла от рабочей текучей среды во вторичном теплообменнике, приведение его в сверхкритическую фазу и обеспечение его следования по правой части кривой Эндрюса.

В одном аспекте вторичный теплообменник и первичный теплообменник выполнены с возможностью работы со докритическим преобразованием рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре в жидкой фазе.

В одном аспекте предусматривается отвод тепла от рабочей текучей среды в первичном теплообменнике до доведения его, на T-S диаграмме, до температуры ниже критической температуры и в точке левой части кривой Эндрюса.

В одном аспекте предусмотрено отведение тепла от рабочей текучей среды во вторичном теплообменнике путем обеспечения ее прохождения через зону насыщенных паров и доведения до жидкой фазы.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) имеет более высокое давление, в котором указанное более высокое давление ниже максимального давления циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе заряда.

В одном аспекте замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) имеет более низкое давление, в котором указанное более низкое давление выше, чем минимальное давление циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе разряда.

В одном аспекте нижнее давление замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) выше, чем атмосферное давление.

Другими словами, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) имеет два давления, одно выше, а другое ниже, которые могут совпадать или они могут соответственно отличаться от давлений в начале и в конце циклического термодинамического преобразования (ЦТП).

В одном аспекте предусмотрено наличие первичного дополнительного теплообменника, расположенного между первичным теплообменником и вторичным теплообменником.

В одном аспекте предусматривается дополнительный компрессор, расположенный между первичным теплообменником и вторичным теплообменником.

В одном аспекте предусмотрена дополнительная турбина, расположенная между первичным теплообменником и вторичным теплообменником.

В одном аспекте, в конфигурации/фазе заряда, первичный теплообменник сообщается по текучей среде с входом дополнительного компрессора, в то время как

выход дополнительного компрессора сообщается по текучей среде с первичным дополнительным теплообменником.

В одном аспекте в конфигурации/фазе разряда первичный дополнительный теплообменник сообщается по текучей среде с входом дополнительной турбины, в то время как выход дополнительной турбины сообщается по текучей среде с первичным теплообменником.

В одном аспекте в конфигурации/фазе заряда предусмотрено сжатие указанной рабочей текучей среды в компрессоре и в дополнительном компрессоре.

В одном аспекте в конфигурации/фазе разряда предусмотрено расширение рабочей текучей среды в турбине и в дополнительной турбине.

В одном аспекте в конфигурации/фазе заряда предусмотрено введение сжатой рабочей текучей среды через первичный теплообменник, первичный дополнительный теплообменник и вторичный теплообменник.

В одном аспекте в конфигурации/фазе разряда предусмотрено введение рабочей текучей среды, поступающей из резервуара через вторичный теплообменник, первичный дополнительный теплообменник и первичный теплообменник.

В одном аспекте замкнутый контур содержит или проходит через: компрессор, дополнительный теплообменник, турбину и дополнительный теплообменник.

В одном аспекте дополнительный компрессор и дополнительная турбина не являются частью замкнутого контура и/или замкнутого термодинамического цикла (ТЦ).

В одном аспекте предусмотрено увеличение давления в конфигурации/фазе разряда с помощью насоса.

В одном аспекте насос является функционально активным на возвратных трубах и выполнен с возможностью увеличения давления в конфигурации/фазе разряда.

В одном аспекте насос расположен ниже по потоку от резервуара, опционально между вторичным теплообменником и первичным теплообменником.

Дополнительные характеристики и преимущества будут более очевидны из подробного описания предпочтительных, но не исключительных вариантов реализации изобретения установки и способа генерирования и хранения энергии в соответствии с настоящим изобретением.

Краткое описание чертежей

Описание приводится ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи, которые представлены лишь в качестве неограничивающего примера, и на которых:

на фиг. 1 схематически проиллюстрирован вариант осуществления установки по генерированию и хранению энергии в соответствии с настоящим изобретением в рабочей конфигурации;

на фиг. 2 проиллюстрирована схема T-S относительно рабочей конфигурации по фиг. 1;

на фиг. 3 показана установка по фиг. 1 в другой рабочей конфигурации;

на фиг. 4 проиллюстрирована схема T-S относительно рабочей конфигурации по фиг. 3;

на фиг. 5 проиллюстрирован вариант осуществления установки хранения энергии в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 6, 8 и 10 показан другой вариант осуществления установки в соответствующих рабочих конфигурациях;

на фиг. 7, 9 и 11 показаны схемы T-S относительно рабочих конфигураций по фиг. 6, 7 и 8;

на фиг. 12 проиллюстрирован дополнительный вариант осуществления установки хранения энергии в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 13 проиллюстрирована дополнительная схема T-S по отношению к изобретению;

на фиг. 14 проиллюстрирован дополнительный вариант осуществления установки хранения энергии в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 15 показан вариант установки с фиг. 3;

на фиг. 16 проиллюстрирована схема T-S относительно рабочей конфигурации по фиг. 15;

Осуществление изобретения

Ссылаясь на прилагаемые фигуры, ссылочный номер 1 в целом указывает на установку по генерированию и хранению энергии в соответствии с настоящим изобретением.

Установка 1 работает, например, с рабочей текучей средой, отличной от атмосферного воздуха.

Например, установка 1 работает с рабочей текучей средой, выбранной из группы, включающей: углекислый газ CO_2 , гексафторид серы SF_6 , закись азота N_2O . В следующем описании рабочая текучая среда, используемая в комбинации с описанной установкой 1, представляет собой углекислый газ CO_2 .

Установка 1 выполнена с возможностью выполнения замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП), сначала в одном направлении в конфигурации/фазе заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации/фазе разряда, в которой в конфигурации заряда установка 1 сохраняет тепло и давление, а в конфигурации разряда установка генерирует электрическую и/или механическую энергию.

Установка 1 также выполнена с возможностью определения/разграничения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТС) в упомянутом замкнутом контуре с по меньшей мере частью той же рабочей текучей среды, также когда упомянутая установка 1 находится в конфигурации заряда или в конфигурации разряда.

Как показано на фиг. 1, установка 1 содержит турбину 2 и компрессор 3. Компрессор 3 схематически проиллюстрирован как содержащий три ступени. Компрессор 3 соединен с двигателем 4а. Турбина 2 механически соединена с генератором 4b и с приводной машиной 300, схематически изображенной на фиг. 1 и отличающейся от генератора. Турбина 2 механически соединена с генератором 4b с приводной машиной 300 посредством передачи, например, посредством соединительных устройств, например, фрикционного типа, которые позволяют подключать и отключать, по команде, турбину 2 к генератору 4 и/или к приводной машине.

Установка 1 содержит кожух 5, предпочтительно определяемый баллоном под давлением, изготовленным из гибкого материала, например, из полиэфирной ткани с ПВХ-покрытием. Баллон под давлением расположен на поверхности и находится во внешнем контакте с атмосферным воздухом. Баллон под давлением ограничивает, на своей внутренней части, объем, выполненный с возможностью вмещать рабочую текучую среду при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении, то есть в равновесии давления с атмосферой. Кожух 5 также может быть выполнен в виде газометра или любой другой системы хранения газа при низком или нулевом избыточном давлении.

Первая секция 6a нагнетательных труб проходит между кожухом 5 и входом 3a компрессора 3. Третья секция 6b возвратных труб проходит между кожухом 5 и выпускным отверстием 2b турбины 2, чтобы сообщать по текучей среде внутренний объем кожуха 5 с указанным компрессором 3 и турбиной 2. Клапан или система клапанов функционально расположены в таких секциях 6a, 6b, чтобы попеременно сообщать по текучей среде кожух 5 с входом 3a компрессора 3 или выходом 2b турбины 2 с кожухом 5.

Установка 1 содержит первичный теплообменник 7, который может быть выборочно размещен в сообщении по текучей среде с выходом 3b компрессора 3 или с входом 2a турбины 2.

Для этой цели вторая секция 8a нагнетательных труб проходит между выпускным отверстием 3b компрессора 3 и первичным теплообменником 7. Вторая секция 8b возвратных труб проходит между первичным теплообменником 7 и входом 2a турбины 2. Клапан или система клапанов функционально расположены на секциях 8a, 8b для поочередного размещения в сообщении по текучей среде первичного теплообменника 7 с входом 2a турбины 2 или выходом 3b компрессора 3 с первичным теплообменником 7.

Резервуар 9 сообщается по текучей среде с первичным теплообменником 7 и выполнен с возможностью накопления рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе. Резервуар 9 предпочтительно выполнен из металла с наружной стенкой цилиндрической или сферической формы.

Вторичный теплообменник 10 является функционально активным между первичным теплообменником 7 и резервуаром 9 или в указанном резервуаре 9 и выполнен с возможностью работы на хранящейся рабочей текучей среде или в фазе заряда в резервуаре 9.

В соответствии с вариантом реализации изобретения, проиллюстрированным на фиг. 1, вторичный теплообменник 10 встроен в резервуар 9 в том смысле, что он имеет участок 11 теплообмена, расположенный внутри резервуара 9 и выполненный с возможностью подвергаться воздействию рабочей текучей среды, содержащейся в указанном резервуаре 9.

Третья секция 12a нагнетательных труб и первая секция 12b возвратных труб вытянуты между первичным теплообменником 7 и резервуаром 9 для размещения в сообщении по текучей среде упомянутого первичного теплообменника 7 с упомянутым резервуаром 9 и с упомянутым вторичным теплообменником 10.

Клапан или система клапанов функционально расположены на секциях 12а, 12b для поочередного размещения в сообщении по текучей среде компрессора 3 с первичным теплообменником 7 и с резервуаром 9 или первичным теплообменником 7 и резервуаром 9 с турбиной 2.

Установка 1 также содержит дополнительный теплообменник 13, функционально расположенный между турбиной 2 и кожухом 5, и дополнительный теплообменник 220, который получает тепло от дополнительного источника 230 тепла. Дополнительный теплообменник 220 расположен на второй секции 8b нагнетательных труб, между входом 2а турбины 2 и первичным теплообменником 7. Дополнительный источник 230 тепла представляет собой, в качестве неограничивающего примера, солнечный источник (например, солнечное поле), промышленное рекуперационное остаточное тепло (рекуперация отработанного тепла), отработанное тепло газовой турбины и т. д.

Его нагнетательные трубы содержат соответствующую первую, вторую и третью секции 6а, 8а, 12а. Таким образом, возвратные трубы содержат соответствующую первую, вторую и третью секции 12b, 8b, 6b.

Первый обходной канал 310 выполнен с возможностью соединения выхода компрессора 3 с дополнительным теплообменником 220 и обхода первого теплообменника 7 и резервуара 9. Первый обходной канал 310 соединяет вторую секцию 8а нагнетательных труб со второй секцией 8b возвратных труб и снабжен соответствующим первым клапаном 311.

Второй обходной канал 320 выполнен с возможностью соединения выпускного отверстия 2b турбины 2 с впускным отверстием 3а компрессора 3 и обхода кожуха 5. Второй обходной канал 320 соединяет первую секцию 6а нагнетательных труб с третьей секцией 6b возвратных труб и снабжен соответствующим вторым клапаном 321.

Первый и второй обходные каналы 310, 320 выполнены с возможностью разграничения замкнутого контура, который содержит компрессор 3, турбину 2, дополнительный теплообменник 13 и дополнительный теплообменник 220.

Установка 1 также содержит блок управления, не показанный, функционально связанный с различными элементами самой установки 1 и сконфигурированный/запрограммированный для управления ее работой.

Установка 1 выполнена с возможностью работы в конфигурации заряда или в конфигурации разряда, то есть для выполнения процесса, содержащего фазу заряда энергии и фазу разряда и генерации энергии.

Установка 1 также выполнена с возможностью выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) в замкнутом контуре, например, в цикле Брайтона.

Конфигурация, показанная на рис. 1, представляет собой конфигурацию/фазу заряда с одновременным замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ).

Установка 1 начинается с первого состояния, в котором вся рабочая текучая среда (CO_2) в газообразной форме содержится в кожухе 5 при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении и температуре, по существу, равной температуре окружающей среды (точка А диаграммы Т-S на фиг. 2). кожух 5 посредством системы клапанов размещен в сообщении с впускным отверстием 3а компрессора 3. Кроме того, посредством системы клапанов первичный теплообменник 7 сообщен по текучей среде с выходом 3b компрессора 3. Двигатель 4 приводит в движение компрессор 3 таким образом, чтобы сжимать рабочую текучую среду, поступающую из кожуха 5. Рабочую текучую среду сжимают в компрессоре 3 посредством промежуточного охлаждения и нагревают (от А до В схемы Т-S на фиг. 2).

С помощью управления клапанами часть рабочей текучей среды (например, 70%) направляется к первичному теплообменнику 7, а другая часть (например, 30%) протекает через первый обходной канал 310 и протекает к дополнительному теплообменнику 220.

Первичный теплообменник 7 работает в качестве охладителя для отвода тепла от сжатого рабочей текучей среды, его охлаждения (точка С диаграммы Т-S на фиг. 2) и хранения тепловой энергии, отводимой от упомянутого рабочей текучей среды. В точке С рабочая текучая среда находится при температуре ниже критической температуры указанной текучей среды и в точке на правой части кривой Эндрюса или немного за пределами кривой в условиях небольшого перегрева. Вышеупомянутое сжатие может быть адиабатическим, промежуточным охлаждением или изотермическим.

В вариантах реализации изобретения, не проиллюстрированных подробно, предусмотрено отведение тепла от рабочей текучей среды в первичном теплообменнике 7 до доведения его, на диаграмме Т-S, до температуры выше критической температуры и выше кривой Эндрюса.

Рабочая текучая среда поступает в резервуар 9, где вторичный теплообменник 10, который в этой конфигурации работает как охладитель, отводит дополнительное тепло от рабочей текучей среды и сохраняет дополнительную тепловую энергию. Рабочая текучая среда проходит через зону насыщенных паров до тех пор, пока она не достигнет жидкой фазы (точка D диаграммы T-S на рисунке 2). Таким образом, резервуар 9 хранит рабочую текучую среду в жидкой фазе при температуре ниже критической температуры T_c . Во втором состоянии рабочая текучая среда (CO_2 , $T_c = 31^\circ\text{C}$) в жидкой форме, например, при 20°C , полностью содержится в резервуаре 9. Так, вторичный теплообменник 10 и первичный теплообменник 9 выполнены с возможностью работы со докритическим преобразованием рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре 9 в жидкой фазе.

В вариантах реализации изобретения, не проиллюстрированных подробно, предусмотрено отведение тепла от рабочей текучей среды во вторичном теплообменнике 10, приведение его в сверхкритическую фазу и обеспечение его следования по правой части кривой Эндрюса.

Часть рабочей текучей среды (30%), которая работает в соответствии с замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ), нагревается в дальнейшем теплообменнике 220 (до точки E диаграммы T-S на фиг. 2), затем поступает в турбину 2, где она расширяется и охлаждается (до точки F диаграммы T-S на фиг. 2). Турбина 2 преобразует энергию рабочей текучей среды в электрическую энергию с помощью генератора 4b и/или в механическую энергию в приводной машине 300. Часть рабочей текучей среды затем охлаждается в дополнительном теплообменнике 13 (и возвращается в точку A схемы T-S на фиг. 2), проходит через второй обходной канал 320 и повторно вводится в компрессор 3 для того, чтобы вновь начать замкнутый термодинамический цикл (ТЦ).

В варианте реализации изобретения, показанном на фиг. 1 и 3, дополнительный теплообменник 13 размещен на третьей секции 6b возвратных труб и затем работает в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ), но он не работает на рабочей текучей среде, которая хранится в конфигурации/фазе заряда.

Когда фаза заряда заканчивается и 70% рабочей текучей среды накапливается в резервуаре 9, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) с оставшимися 30% все еще может продолжаться из-за тепла, подаваемого к дополнительному источнику 230 тепла.

Конфигурация, показанная на фиг. 3, представляет собой конфигурацию/фазу разряда с одновременным замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ).

Установка 1 запускается из второго состояния (точка G схемы T-S на фиг.4). кожух 5 посредством системы клапанов размещен в сообщении с выходом 2b турбины 2. Кроме того, посредством системы клапанов первичный теплообменник 7 сообщен по текучей среде с входом 2a турбины 2.

Вторичный теплообменник 10 работает в качестве нагревателя и передает часть тепла, предварительно хранящегося в конфигурации заряда, рабочей текучей среде в резервуаре 9. Рабочая текучая среда проходит зону насыщенных паров до достижения паровой фазы (точка H диаграммы T-S на фиг.4). Рабочая текучая среда проходит через первичный теплообменник 7, который в настоящее время работает в качестве нагревателя и передает дополнительную теплоту, ранее хранившуюся в конфигурации заряда, рабочей текучей среды и нагревает ее (точка I диаграммы T-S на фиг. 4).

Затем рабочая текучая среда проходит через дополнительный теплообменник 220 (который получает тепло от дополнительного источника 230 тепла) и далее нагревается (до точки L схемы T-S на фиг. 4).

Нагретая рабочая текучая среда поступает в турбину 2, расширяется и охлаждается (точка M схемы T-S на фиг. 4) и определяет вращение турбины 2. Генератор 4b, соединенный с турбиной 2, и приводная машина 300 вращаются турбиной 2, приводимой в движение рабочей текучей средой в процессе расширения. Расширение рабочей текучей среды в турбине может быть адиабатическим, промежуточным или изотермическим.

Рабочую текучую среду, выходящую из турбины 2, охлаждают в дополнительном теплообменнике 13 (точка N схемы T-S на фиг. 4). Дополнительный теплообменник 13 (размещенный на третьей секции 6b возвратных труб) работает в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ), а также работает на рабочей текучей среде, которая выпускается в конфигурации/фазе разряда. В дополнительных вариантах реализации изобретения, не проиллюстрированных подробно, предусмотрено, что дополнительный теплообменник 13 должен быть размещен на первой секции 6a нагнетательных труб или на обеих на первой секции 6a нагнетательных труб и/или на третьей секции 6b возвратных труб.

На этом этапе посредством управления клапанами часть рабочей текучей среды (например, 70%) направляется к кожуху 5 и возвращается в кожух 5 при

атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении. Другая часть (например, 30%) протекает через второй обходной канал 320 и снова направляется в компрессор 2, а затем через первый обходной канал 310, чтобы вновь выполнить замкнутый термодинамический цикл (ТЦ).

Когда фаза разряда заканчивается и 70% рабочей текучей среды накапливается в кожухе 5, замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) с оставшимися 30% все еще может продолжаться, благодаря теплоте, подаваемой к дополнительному источнику 230 тепла.

Например, температура рабочей текучей среды (CO_2), хранящейся в резервуаре 9, составляет 24°C , а давление рабочей текучей среды, хранящейся в резервуаре 9, составляет 65 бар. Плотность CO_2 при 25°C и при атмосферном давлении составляет около $1,8 \text{ кг/м}^3$. Плотность CO_2 в резервуаре 9 составляет около 730 кг/м^3 . Таким образом, соотношение между плотностью рабочей текучей среды, когда она содержится в резервуаре 9 в вышеуказанных условиях, и плотностью той же рабочей текучей среды, когда она содержится в кожухе 5 в атмосферных условиях, составляет около 400. По этому вопросу отмечается, что если вместо CO_2 использовать атмосферный воздух, хранящийся при 65 бар и 24°C в резервуаре 9, его плотность составит лишь 78 кг/м^3 , а объем резервуара 9, который теоретически необходим, будет примерно в десять раз больше.

Первичный теплообменник 7 может быть регенератором тепла с неподвижным слоем, содержащим тепловую массу, образованную, например, металлическими сферами. В конфигурации/фазе заряда термическая масса подвергается воздействию горячей и сжатой рабочей текучей среды, которая передает тепло в металлические сферы, которые накапливают тепловую энергию. В конфигурации/фазе разряда термическая масса подвергается воздействию холодной рабочей текучей среды, которая поглощает тепло из металлических сфер и нагревается. В непроиллюстрированном варианте регенератор тепла также может быть типа с подвижным слоем. Таким образом, первичный теплообменник 7 является термоаккумулятором (Хранилище Тепловой Энергии, TES). Вместо регенератора тепла с неподвижным слоем могут присутствовать другие типы, такие как проиллюстрированные в опубликованном документе WO/2020/039416, на имя того же заявителя.

Также различные типы вторичного теплообменника 10, например, проиллюстрированы в опубликованном документе WO/2020/039416, на имя одного и того же заявителя

Фигура 5 иллюстрирует вариант установки 1. Здесь видны основные элементы, общие для фиг. 1, то есть турбина 2, компрессор 3, двигатель 4a, генератор 4b, приводная машина 300, кожух 5, первичный теплообменник 7 (термоаккумулятор TES), резервуар 9, вторичный теплообменник 10, дополнительный теплообменник 220, дополнительный теплообменник 13.

В таком варианте вторичный теплообменник 10 расположен между первичным теплообменником 7 и резервуаром 9, т.е. он не встроен в резервуар 9. Вторичный теплообменник 10 находится в линии на третьей секции 12a нагнетательных труб и на первой секции 12b возвратных труб.

Вторичный теплообменник 10, показанный на фиг. 5, содержит вторичный контур 20, через который проходит вторичная текучая среда, например, вода. Вторичный контур 20 имеет теплообменную часть 11, которая подвергается воздействию рабочей текучей среды, проходящей через третью секцию 12a нагнетательных труб и первую секцию 12b возвратных труб и выполненной с возможностью обмена тепла с рабочей текучей средой.

Вторичный контур 20 содержит вторичную накопительную камеру 200 для горячей вторичной текучей среды, накопленной после отвода тепла от рабочей текучей среды в конфигурации/фазе заряда устройства/процесса, и для холодной вторичной текучей среды, накопленной после передачи тепла рабочей текучей среде в конфигурации/фазе разряда устройства/процесса. Вышеупомянутая вторичная камера 200 хранения также соединена с радиатором 23, снабженным одним или более вентиляторами 24, размещенными на рециркуляционном канале, который, например, охлаждает вторичную текучую среду в ночное время и нагревает ее в дневное время. Вышеупомянутая вторичная камера 200 хранения также соединена посредством соответствующего контура 210 с дополнительным теплообменником 13 и с промежуточными охладителями 322, соединенными с компрессором 3.

Установка 1 также содержит рекуператор 400, функционально активный между первичным теплообменником 7 и дополнительным теплообменником 220 и между выходом турбины 2 и дополнительным теплообменником 13. Таким образом, рекуператор 400 функционально соединен со второй и третьей секциями 8b, 6b

возвратных труб и позволяет приводить в действие рекуперативный замкнутый термодинамический цикл (ТЦ).

На фиг. 6-11 показан дополнительный вариант установки 1 и способа согласно настоящему изобретению. В отличие от установки 1 и способа, показанного на фиг. 1 – 4, установка 1 этого варианта позволяет приводить в действие замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) с более низким и более высоким давлениями, которые соответственно отличаются от максимальных и минимальных давлений циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе заряда и в конфигурации/фазе разряда. В частности, более высокое давление ниже максимального давления циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе заряда. Более низкое давление выше, чем минимальное давление циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе разряда, предпочтительно выше, чем атмосферное давление.

Для этой цели установка 1 содержит дополнительный компрессор 3', дополнительную турбину 2' и первичный дополнительный теплообменник 7'. Кроме того, двигатель 4а и генератор 4b определяются одним генератором 4 двигателя, соединенным посредством соответствующих передач с компрессором 3, с дополнительным компрессором 3', с турбиной 2, с дополнительной турбиной 2'. Соединительные устройства, например, фрикционного типа, расположены между генератором 4 двигателя и турбиной 2 и дополнительной турбиной 2' и между генератором 4 двигателя и компрессором 3 и дополнительным компрессором 3' и выполнены с возможностью подключения и отключения, по команде, таких вращающихся машин к генератору 4 двигателя/от него.

Первичный дополнительный теплообменник 7' расположен между первичным теплообменником 7 и вторичным теплообменником 10 или, другими словами, работает на третьей секции 12а нагнетательных труб и на первой секции 12b возвратных труб. Также первичным дополнительным теплообменником 7' может быть термоаккумулятор (Хранилище Тепловой Энергии TES).

Дополнительный компрессор 3' расположен между первичным теплообменником 7 и вторичным теплообменником 10, то есть он работает на третьей секции 12а нагнетательных труб и на первой секции 12b возвратных труб. Первичный теплообменник 7 сообщается по текучей среде с входом 3'а

дополнительного компрессора 3', а выход 3'b дополнительного компрессора 3 сообщается по текучей среде с первичным дополнительным теплообменником 7'.

Дополнительная турбина 2' расположена между первичным теплообменником 7 и вторичным теплообменником 10, то есть первичный дополнительный теплообменник 7' сообщается по текучей среде с входом 2'a дополнительной турбины 2', а выход 2'b дополнительной турбины 2' сообщается по текучей среде с первичным теплообменником 7.

В этом варианте реализации изобретения, через первичный теплообменник 7 проходит только одна труба 500 или множество труб, которые выполняют/выполняют как функцию доставки, когда установка 1 находится в конфигурации/фазе заряда, так и функцию возврата, когда установка 1 находится в конфигурации/фазе разряда. Вторая секция 8a нагнетательных труб и вторая секция 8b возвратных труб соединены друг с другом и с одной трубой 500 на одной стороне первичного теплообменника 7. Третья секция 12a нагнетательных труб и первая секция 12b возвратных труб соединены друг с другом и с одной трубой 500 на другой стороне первичного теплообменника 7. Кроме того, первая секция 6a нагнетательных труб и третья секция 6b возвратных труб соединены в одном канале 600, соединенном с кожухом 5.

Дополнительный теплообменник 13' расположен на указанном одном канале 600. Закрытый контур определяется первой секцией 6a нагнетательных труб, второй секцией 8a нагнетательных труб, второй секцией 8b возвратных труб и третьей секцией 6b возвратных труб. Закрытый контур содержит или проходит через: компрессор 3, дополнительный теплообменник 220, турбину 2 и дополнительный теплообменник 13.

В конфигурации/фазе заряда предусмотрено сжатие рабочей текучей среды как в компрессоре 3, так и в дополнительном компрессоре 3' и введение сжатой рабочей текучей среды через первичный теплообменник 7, первичный дополнительный теплообменник 7' и вторичный теплообменник 10 (фиг. 8 и 9).

В конфигурации/фазе разряда предусмотрено расширение рабочей текучей среды в турбине 2 и в дополнительной турбине 2' и введение рабочей текучей среды, поступающей из резервуара через вторичный теплообменник 10, первичный дополнительный теплообменник 7' и первичный теплообменник 7 (фиг. 10 и 11).

Таким образом, дополнительный компрессор 3' и дополнительная турбина 2' не являются частью замкнутого контура и/или замкнутого термодинамического цикла (ТЦ, фиг. 6 и 7).

На фиг. 12 показан еще один вариант, аналогичный варианту с фиг. 5, но, как и в установке с фиг. 6-11, такая конфигурация позволяет приводить в действие замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) с более низким и более высоким давлениями, которые соответственно отличаются от максимальных и минимальных давлений циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе заряда и в конфигурации/фазе разряда. Диаграмма T-S относительно таких преобразований проиллюстрирована на фиг. 13. В отличие от фиг. 5, вспомогательная турбина 2' размещена на первой секции 12b возвратных труб, а вспомогательный компрессор 3' размещен на третьей секции 12a нагнетательных труб. Первичный дополнительный теплообменник 7' работает как на первой секции 12b возвратных труб, так и на третьей секции 12a нагнетательных труб.

На фиг. 14 показан еще один вариант, в котором замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является замкнутым термодинамическим циклом теплового насоса. Компрессор 3 не имеет промежуточного охлаждения, в то время как турбина 2 является многоступенчатой и имеет несколько промежуточных нагревов (повторных нагревов). Выделяемое тепло высвобождается через дополнительный теплообменник 220 пользователю.

На фиг. 15 показан вариант установки по фиг. 3 в конфигурации/фазе разряда с одновременным замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ).

Относительно описанного со ссылкой на фиг. 3, установка по фиг. 15 также содержит насос 25, расположенный на первой секции 12b возвратных труб, то есть между вторичным теплообменником 10 и первичным теплообменником 7. Функция насоса 25 заключается в повышении давления в конфигурации/фазе разряда (от G до G', как показано на фиг. 16) путем вытягивания жидкого рабочей текучей среды из резервуара 9 и подачи его под более высоким давлением, даже сверхкритическим, чтобы иметь больший градиент расширения. Таким образом, увеличивается удельная работа цикла, что позволяет уменьшить размер резервуаров для хранения при сохранении той же энергии.

Установка на фиг. 16 также иллюстрирует вышеупомянутый промежуточный нагрев, работающий между ступенями турбины 2 с помощью промежуточного

нагревательного контура 26 (проиллюстрирован на фиг. 15). Промежуточный нагревательный контур 26 соединяет турбину 2 с дополнительным теплообменником 220. В этом варианте реализации изобретения, в конфигурации/фазе разряда рабочая текущая среда в процессе расширения в турбине 2 (от L' до L'', а затем от L' 'до M' на фиг. 16) нагревается (от L'' до L''' на фиг. 16) до примерно половины расширения за счет тепла дополнительного источника 230 тепла. Промежуточный нагрев (повторный нагрев) до примерно половины расширения служит для увеличения удельной работы внутри цикла. Кроме того, это позволяет уменьшить размеры резервуаров для хранения при сохранении той же энергии.

Как можно видеть в этом варианте реализации изобретения, часть текучей среды, которая работает в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ), следует траектории I-H-G схемы T-S также в конфигурации/фазе разряда(проиллюстрированной на фиг. 16).

В других вариантах, не проиллюстрированных на фигурах, установка 1 может альтернативно содержать насос 25 или контур 26 промежуточного нагрева.

Список элементов

- 1 установка хранения энергии
- 2 турбина
- 2' дополнительная турбина
- 2a вход турбины
- 2b выход турбины
- 3 компрессор
- 3' дополнительный компрессор
- 3a вход компрессора
- 3b выход компрессора
- 4 генератор двигателя
- 4a двигатель
- 4b генератор
- 5 кожух
- 6a первая секция подающих труб
- 6b возвратные трубы, третья секция
- 7 первичный теплообменник
- 7' первичный дополнительный теплообменник

8a	вторая секция подающих труб
8b	вторая секция возвратных труб
9	резервуар
10	вторичный теплообменник
11	теплообменная часть вторичного теплообменника
12A	трубы подачи третьей секции
12b	возвратные трубы первой секции
13	дополнительный теплообменник
13'	дополнительный вспомогательный теплообменник
20	вторичный контур
23	радиатор
24	вентиляторы
25	насос
26	промежуточный нагревательный контур
200	вторичная камера хранения
210	контур дополнительного теплообменника
220	дополнительный теплообменник
230	дополнительный источник тепла
300	приводная машина
310	первый обходной канал
311	первый клапан
320	второй обходной канал
321	второй клапан
322	промежуточные охладители
400	рекуператор
500	одна труба
600	один канал

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

(измененная по ст. 19 РСТ)

1. Установка генерирования и хранения энергии, содержащая:
рабочая текучая среда, отличная от атмосферного воздуха;
кожух (5), выполненный с возможностью хранения рабочей текучей среды в газовой фазе и в равновесии давления с атмосферой;

резервуар (9), выполненный с возможностью хранения указанной рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре; причем указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды, предпочтительно между 0°C и 100°C;

при этом установка выполнена с возможностью выполнения замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП), сначала в одном направлении в конфигурации заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации разряда, между указанным кожухом (5) и указанным резервуаром (9), причем в конфигурации заряда установка сохраняет тепло и давление, а в конфигурации разряда установка генерирует энергию;

при этом установка дополнительно выполнена с возможностью определения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ) в указанном замкнутом контуре с по меньшей мере частью указанной рабочей текучей среды, опционально пока указанная установка (1) находится в конфигурации заряда или в конфигурации разряда.

2. Установка по п.1, отличающаяся тем, что рабочая текучая среда обладает следующими химико-физическими свойствами: критическая температура от 0° С до 200° С, плотность при 25 ° С от 0,5 кг/м³ до 10 кг/м³; и/или предпочтительно выбрана из группы, включающей: CO₂, SF₆, N₂O.

3. Установка по п.1 или 2, содержащая:

- компрессор (3) и двигатель, механически соединенные друг с другом;
- турбину (2) и генератор (4b) и/или приводную машину (300), механически соединенные друг с другом;
- указанный кожух (5) наружно контактирует с атмосферой и ограничивает, на своей внутренней части, объем, приспособленный для вмещения рабочей текучей среды при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном давлении, причем указанный объем выборочно сообщается по текучей среде с

входом (3a) компрессора (3) или с выходом (2b) турбины (2), причем, опционально, кожух (5) представляет собой баллон под давлением;

- первичный теплообменник (7), выборочно сообщаемый по текучей среде с выпускным отверстием (3b) компрессора (3) или с впускным отверстием (2a) турбины (2);
- указанный резервуар (9), сообщаемый по текучей среде с первичным теплообменником (7) для накопления рабочей текучей среды;
- вторичный теплообменник (10), функционально активный между первичным теплообменником (7) и резервуаром (9) или в указанном резервуаре (9);
- дополнительный теплообменник (13), функционально расположенный между кожухом (5) и компрессором (3) и/или между кожухом (5) и турбиной (2);
- дополнительный теплообменник (220), функционально расположенный между турбиной (2) и первичным теплообменником (7);

указанная установка (1) выполнена с возможностью работы в конфигурации заряда или в конфигурации разряда;

при этом в конфигурации заряда кожух (5) сообщается по текучей среде с входом (3a) компрессора (3), а первичный теплообменник (7) сообщается по текучей среде с выходом (3b) компрессора (3), турбина (2) находится в состоянии покоя, двигатель (4a) работает и приводит в движение компрессор (3) для сжатия рабочей текучей среды, поступающей из кожуха (5), первичный теплообменник (7) работает в качестве охладителя для отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды, охлаждения ее и хранения тепловой энергии, вторичный теплообменник (10) работает в качестве охладителя для дальнейшего отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды и хранения дополнительной тепловой энергии, резервуар (9) принимает и хранит сжатую и охлажденную рабочую текучую среду, при этом рабочая текучая среда, хранящаяся в резервуаре (9), имеет температуру, близкую к ее собственной критической температуре;

при этом в конфигурации разряда кожух (5) сообщается по текучей среде с выходом (2b) турбины (2), а первичный теплообменник (7) сообщается по текучей среде с входом (2a) турбины (2), компрессор (3) находится в состоянии покоя, вторичный теплообменник (10) работает в качестве нагревателя для отвода тепла рабочей текучей среды, поступающей из резервуара (9), первичный теплообменник (7) работает в качестве нагревателя для отвода дополнительного тепла рабочей текучей среды и нагревания ее, турбина (2) вращается нагретой рабочей текучей

средой и приводит в движение генератор (4b) и/или приводную машину (300), вырабатывая энергию, рабочая текучая среда возвращается в кожух (5) к атмосферному или по существу атмосферному давлению;

указанная установка (1) выполнена с возможностью определения замкнутого контура и выполнения замкнутого термодинамического цикла (ТЦ); при этом в указанном замкнутом контуре выпускное отверстие (3b) компрессора (3) сообщается по текучей среде с дополнительным теплообменником (220), выпускное отверстие (2b) турбины (2) сообщается по текучей среде с впускным отверстием (3a) компрессора (3), и указанный дополнительный теплообменник (13) функционально расположен между впускным отверстием (2b) турбины (2) и впускным отверстием (3a) компрессора (3).

4. Установка по п.3, содержащая: первый обходной канал (310), содержащий соответствующий первый клапан (311), причем первый обходной канал (310) выполнен с возможностью соединения выпускного отверстия (3b) компрессора (3) с дополнительным теплообменником (220) и обхода первичного теплообменника (7) и резервуара (9); второй обходной канал (320) содержит соответствующий второй клапан (321), причем второй обходной канал (320) выполнен с возможностью соединения выпускного отверстия (2b) турбины (2) с впускным отверстием (3a) компрессора (3) и обхода кожуха (5).

5. Установка по п.4, в которой предусмотрена возможность дросселирования первого клапана (311) и второго клапана (321) для регулирования потока рабочей текучей среды в замкнутом термодинамическом цикле (ТЦ).

6. Установка по п.3, 4 или 5, содержащая рекуператор (400), функционально активный между первичным теплообменником (7) и дополнительным теплообменником (220) и между выходом (2b) турбины (2) и дополнительным теплообменником (13).

7. Установка по одному из пп.3-6, в которой компрессор (3) является многоступенчатым и имеет промежуточное охлаждение.

8. Установка по одному из пп.1-7, в которой дополнительный теплообменник (220) соединен по текучей среде с по меньшей мере одной ступенью турбины (2) для промежуточного нагрева указанной турбины (2).

9. Установка по любому из пп.3-7 или по п. 8 при зависимости от п.3, в которой насос (25) расположен между вторичным теплообменником (10) и

первичным теплообменником (7) и выполнен с возможностью повышения давления в конфигурации разряда.

10. Способ генерирования и хранения энергии, опционально осуществляемый при помощи установки по меньшей мере по одному из предшествующих пунктов, причем способ включает:

осуществление замкнутого циклического термодинамического преобразования (ЦТП), сначала в одном направлении в конфигурации/фазе заряда, а затем в противоположном направлении в конфигурации/фазе разряда, между кожухом (5) для хранения рабочей текучей среды, отличной от атмосферного воздуха, в газовой фазе и в равновесии давления с атмосферой, и резервуаром (9) для хранения указанной рабочей текучей среды в жидкой или сверхкритической фазе с температурой, близкой к критической температуре; при этом указанная критическая температура близка к температуре окружающей среды, предпочтительно между 0°C и 100°C ; при этом в фазе заряда способ обеспечивает накопление тепла и давления, а в фазе разряда генерирует энергию;

осуществление, по меньшей мере с частью указанной рабочей текучей среды, замкнутого термодинамического цикла (ТЦ), опционально одновременно с фазой заряда или фазой разряда.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что фаза заряда содержит:

- сжатие в компрессоре (3) указанной рабочей текучей среды, поступающей из указанного кожуха (5), находящегося снаружи в контакте с атмосферой и ограничивающего на своей внутренней части объем, приспособленный для вмещения рабочей текучей среды при атмосферном давлении или, по существу, атмосферном, с поглощением энергии;

- введение сжатой рабочей текучей среды через первичный теплообменник (7) и расположенный последовательно вторичный теплообменник (10) для приведения температуры рабочей текучей среды близко к ее собственной критической температуре; при этом первичный теплообменник (7) работает как охладитель для отвода тепла от сжатой рабочей текучей среды, его охлаждения и хранения тепловой энергии, при этом вторичный теплообменник (10) работает как охладитель для дальнейшего отвода тепла от сжатого рабочей текучей среды и хранения дополнительной тепловой энергии;

- накопление охлажденной рабочей текучей среды в указанном резервуаре (9); при этом вторичный теплообменник (10) и первичный

теплообменник (7) осуществляют сверхкритическое преобразование рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре (9) в сверхкритической фазе, или при этом вторичный теплообменник (10) и первичный теплообменник (7) осуществляют докритическое преобразование рабочей текучей среды таким образом, что указанная рабочая текучая среда накапливается в резервуаре (9) в жидкой фазе; при этом опционально температура рабочей текучей среды, накопленной в резервуаре (9), составляет от 0 ° С до 100 ° С, и при этом давление рабочей текучей среды, накопленной в резервуаре (9), составляет от 10 бар до 150 бар.

12. Способ по п.11, в котором фаза разряда включает:

- пропускание рабочей текучей среды, поступающей из резервуара (9), через вторичный теплообменник (10) и первичный теплообменник (7); при этом вторичный теплообменник (10) работает в качестве нагревателя для передачи тепла рабочей текучей среде, поступающей из резервуара (9), при этом первичный теплообменник (7) работает в качестве нагревателя для дальнейшей передачи тепла рабочей текучей среде и нагревания ее;
- пропускание нагретой рабочей текучей среды через турбину (2), при этом турбина (2) вращается нагретой рабочей текучей средой и приводит в движение генератор (4а) и/или приводную машину (300), генерируя энергию, при этом рабочая текучая среда расширяется и охлаждается в турбине (2);
- повторное введение рабочей текучей среды, поступающей из турбины (2), в кожух (5) при атмосферном или по существу атмосферном давлении.

13. Способ по п.11 или 12, в котором замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) содержит:

- сжатие по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в компрессоре (3);
- пропускание указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды через дополнительный теплообменник (220), функционально связанный с дополнительным источником (230) тепла;
- расширение указанной по меньшей мере части указанной нагретой рабочей текучей среды через турбину (2), при этом турбина (2) вращается нагретой рабочей текучей средой и приводит в движение генератор (4b) и/или приводную машину (300), генерируя энергию, при этом рабочая текучая среда расширяется и охлаждается в турбине (2);

- охлаждение указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в дополнительном теплообменнике (13) и повторное введение указанной по меньшей мере части указанной рабочей текучей среды в компрессор (3).

14. Способ по п. 11, 12 или 13, в котором сжатие рабочей текучей среды в компрессоре является промежуточным охлаждением; причем опционально замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) является рекуперативным.

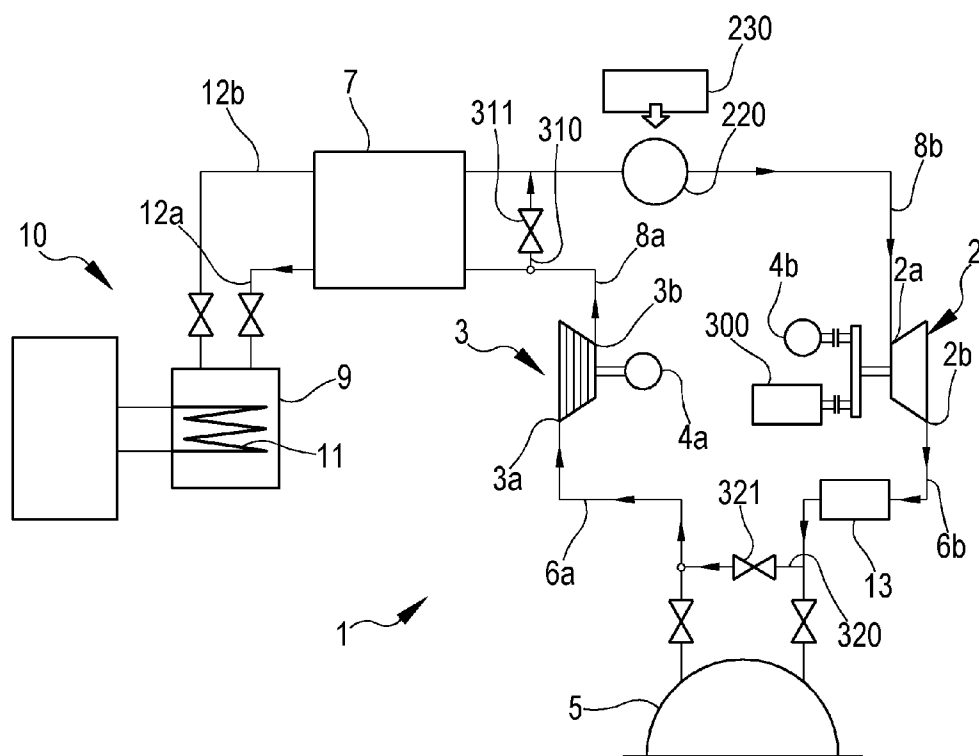
15. Способ по одному из пп.10-14, в котором замкнутый термодинамический цикл (ТЦ) имеет более высокое давление и более низкое давление; при этом более высокое давление равно или ниже максимального давления циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе заряда; при этом более низкое давление равно или выше минимального давления циклического термодинамического преобразования (ЦТП) в конфигурации/фазе разряда.

16. Способ по одному из пп.10-15, в котором указанная часть рабочей текучей среды, работающей в соответствии с замкнутым термодинамическим циклом (ТЦ), составляет от 0% до 50% указанной рабочей текучей среды, опционально от 20% до 30%; при этом оставшаяся часть рабочей текучей среды, накопленная в резервуаре (9) или в кожухе (5), составляет от 100% до 50% указанной рабочей текучей среды, опционально от 80% до 70%.

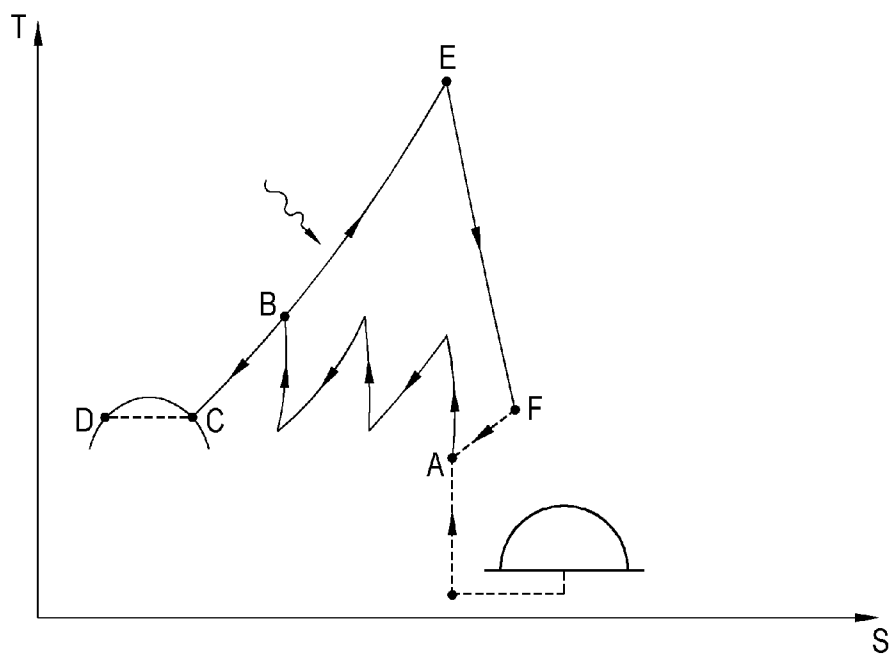
17. Способ по любому из пп.10-16, в котором указанная рабочая текучая среда имеет следующие физико-химические свойства: критическую температуру от 0°C до 200°C , плотность при 25°C от $0,5\text{ кг/м}^3$ до 10 кг/м^3 ; и/или она предпочтительно выбрана из группы, включающей: CO_2 , SF_6 , N_2O .

18. Способ по п.12, в котором расширение рабочей текучей среды в турбине (2) осуществляется с промежуточным нагревом.

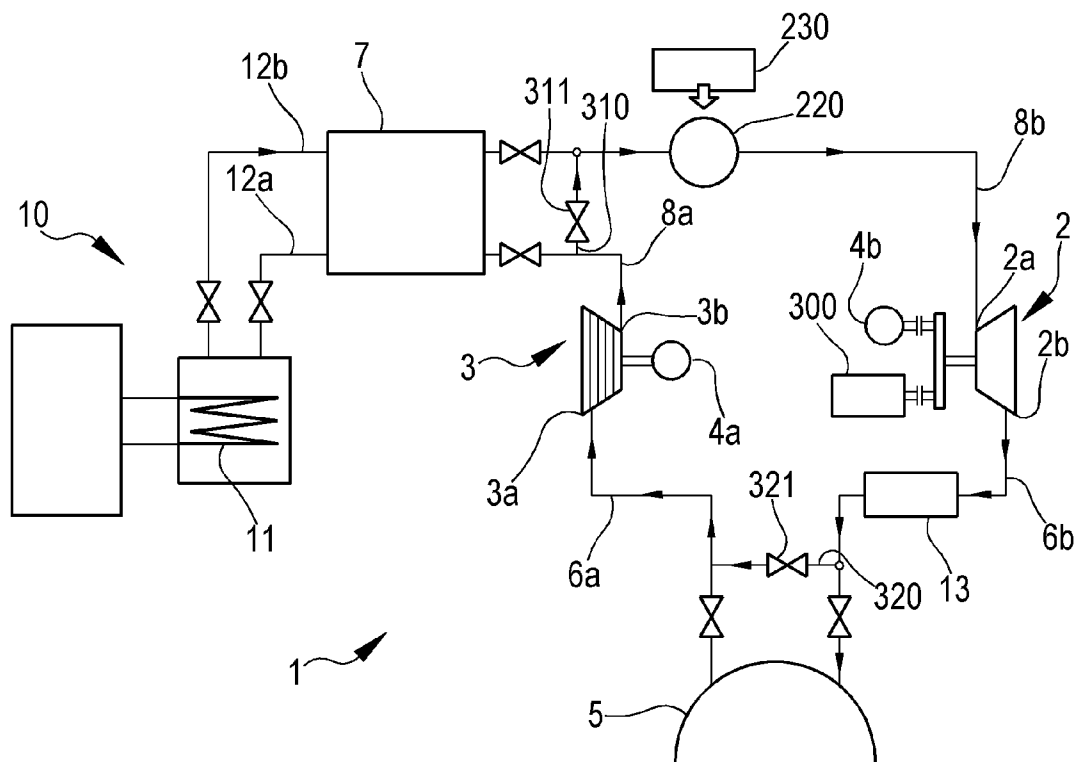
19. Способ по п.12, включающий: повышение давления в фазе разряда помощью насоса (25), расположенного между вторичным теплообменником (10) и первичным теплообменником (7).



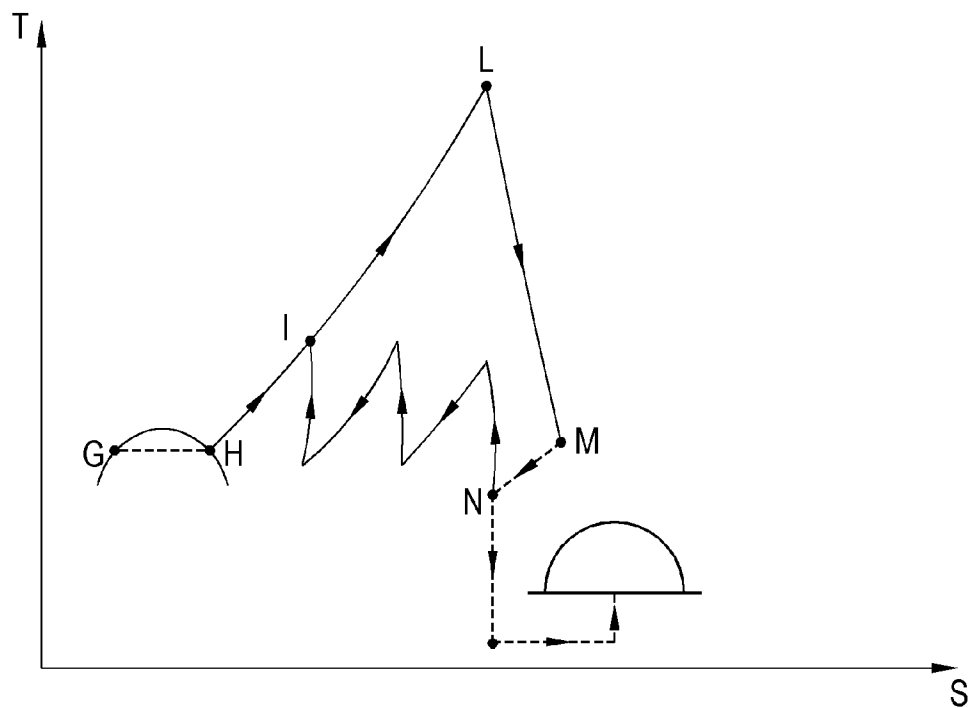
Фиг.1



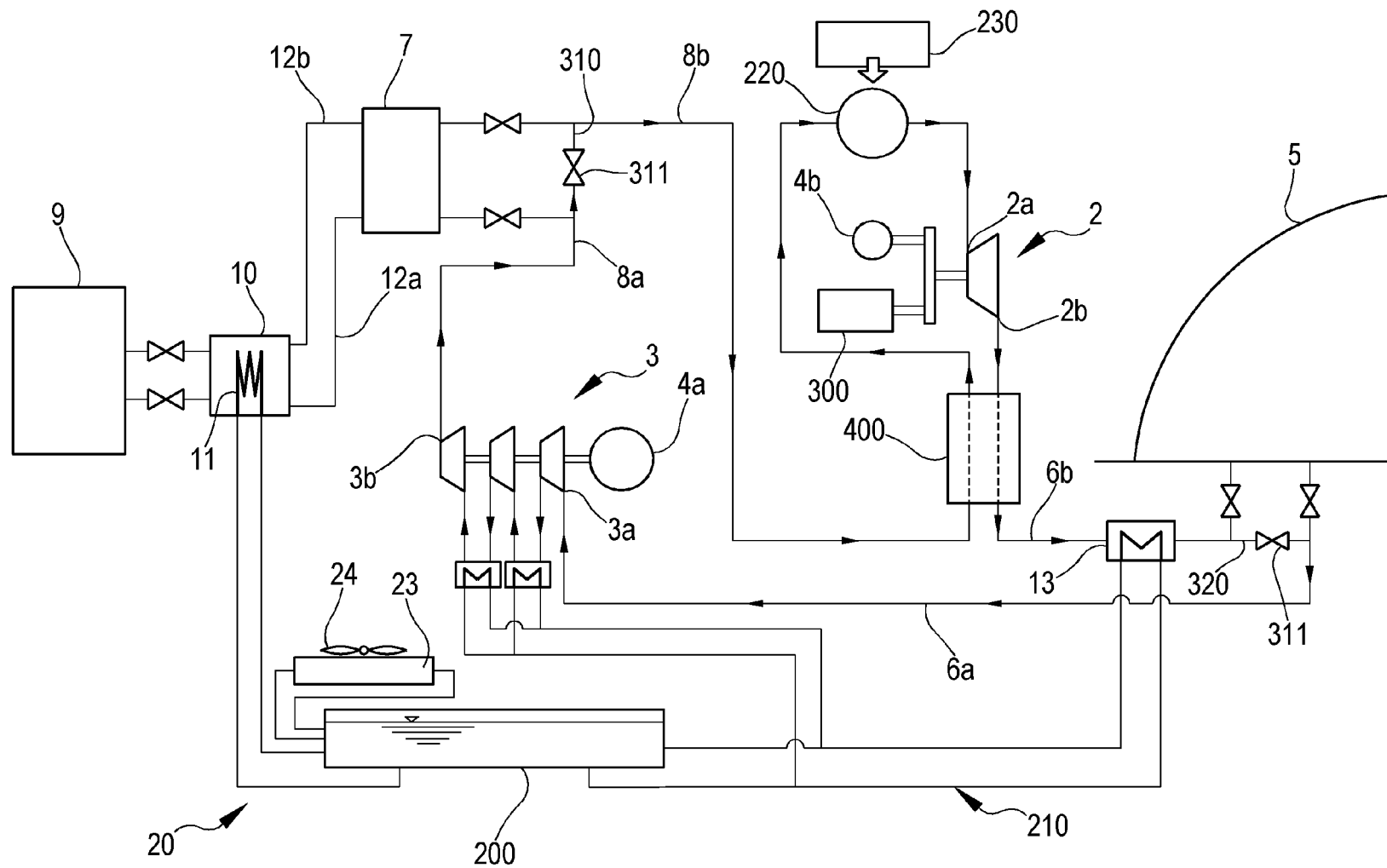
Фиг.2



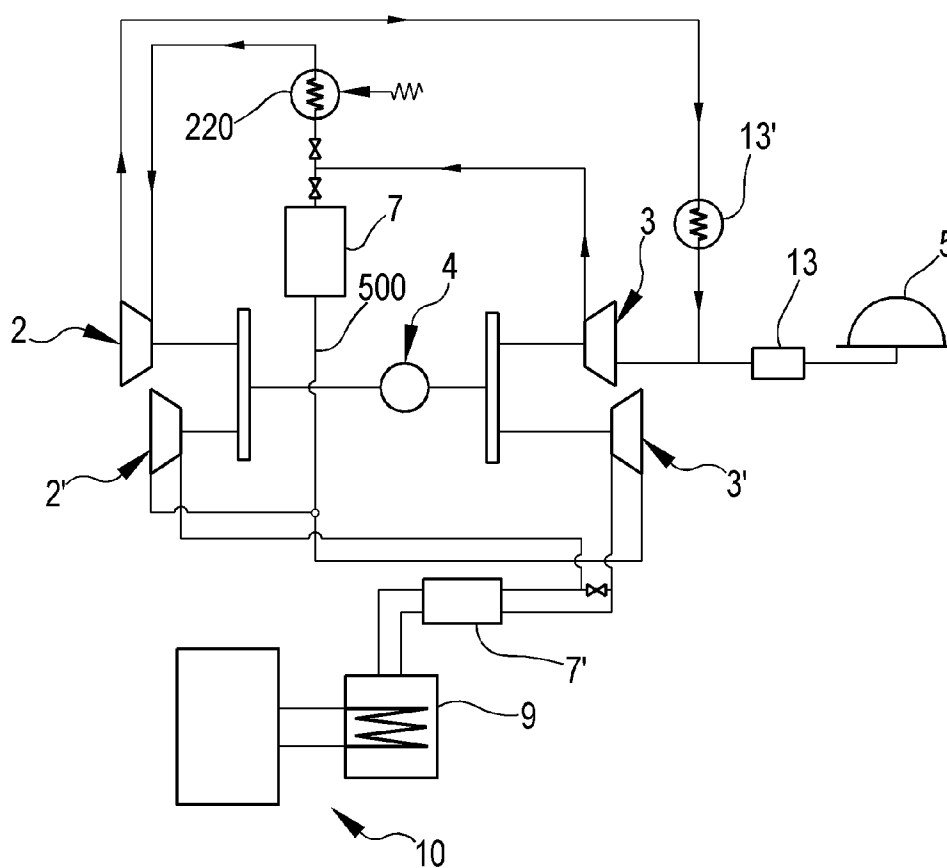
Фиг.3



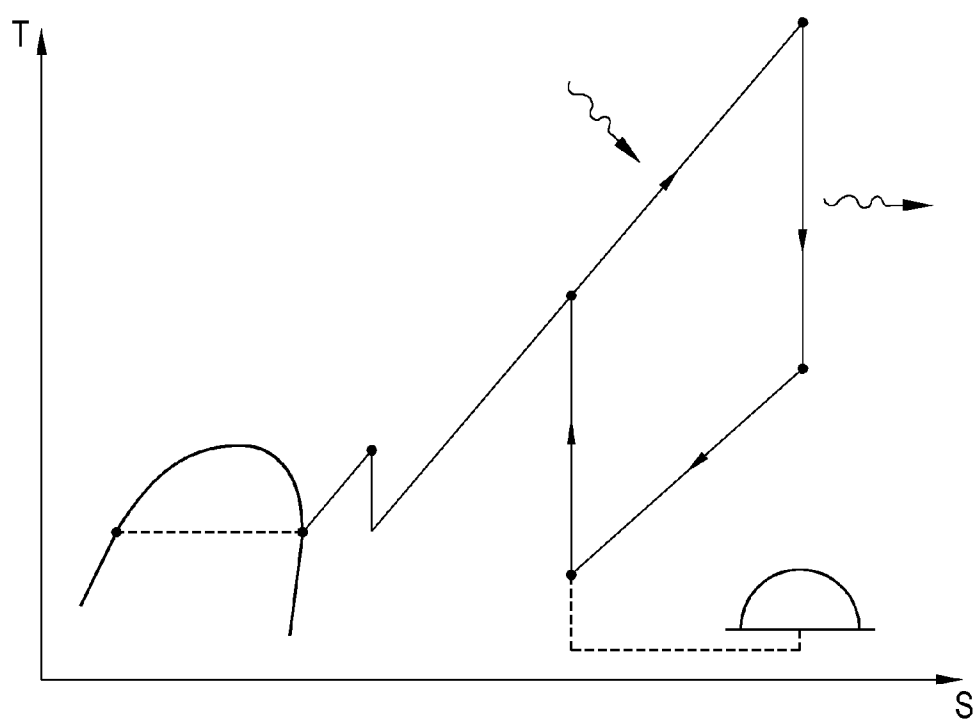
Фиг.4



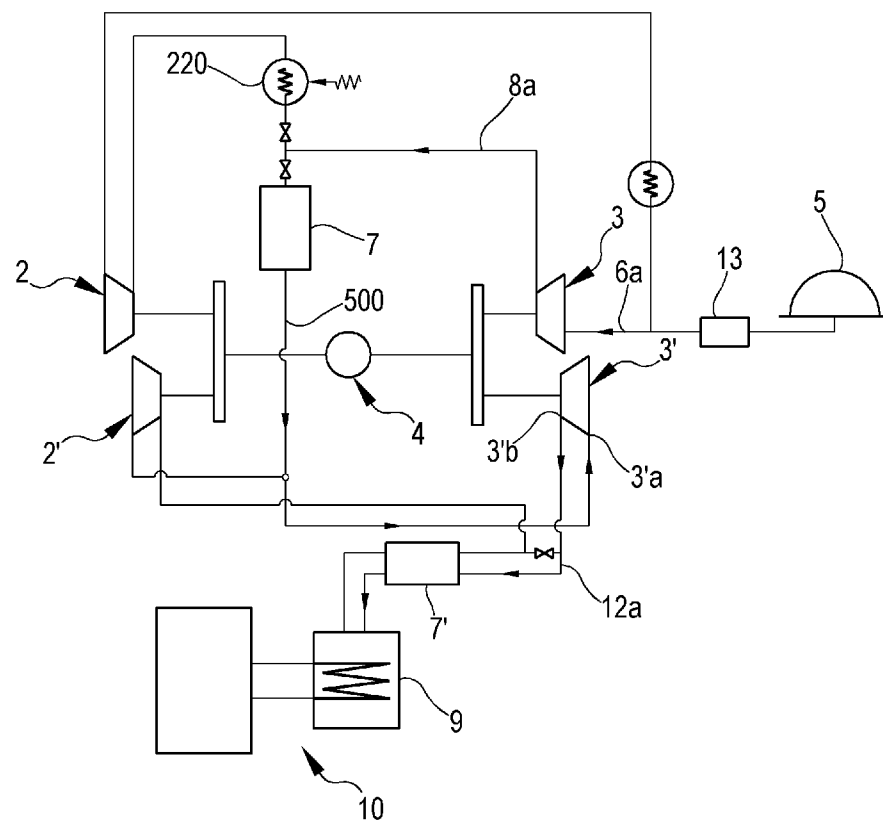
Фиг.5



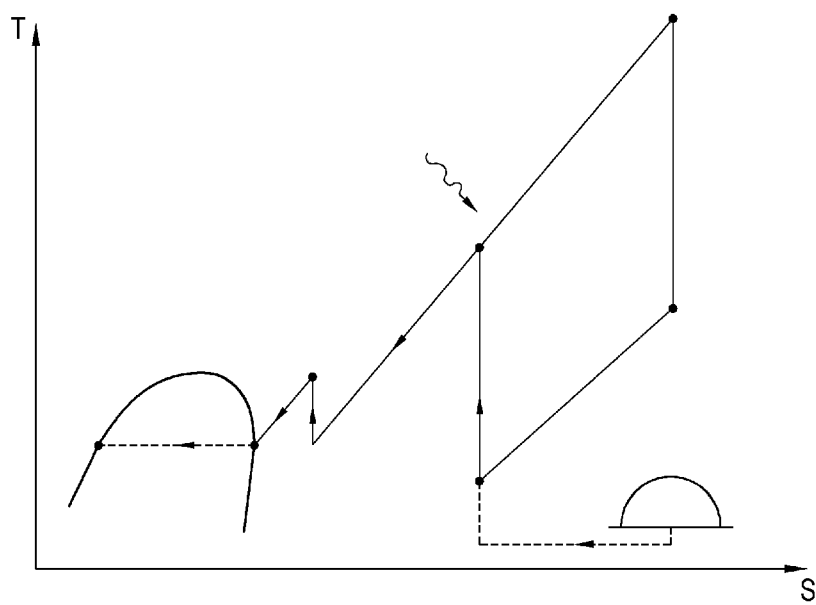
Фиг.6



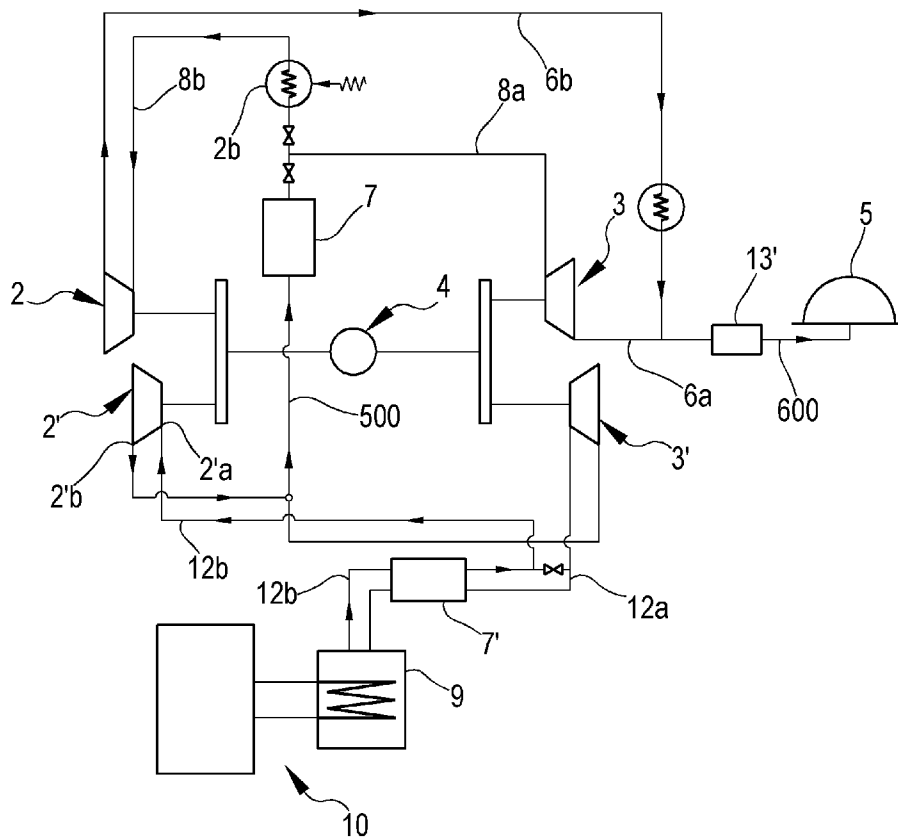
Фиг.7



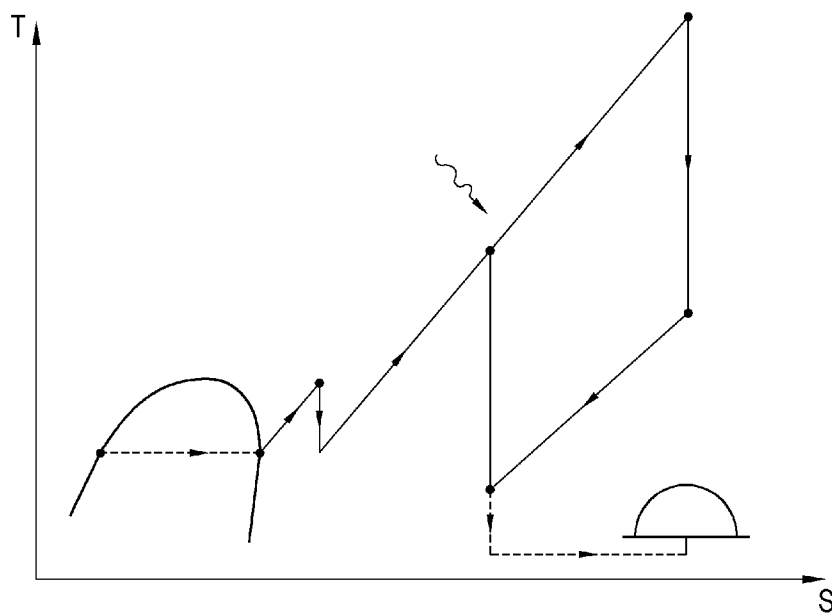
Фиг.8



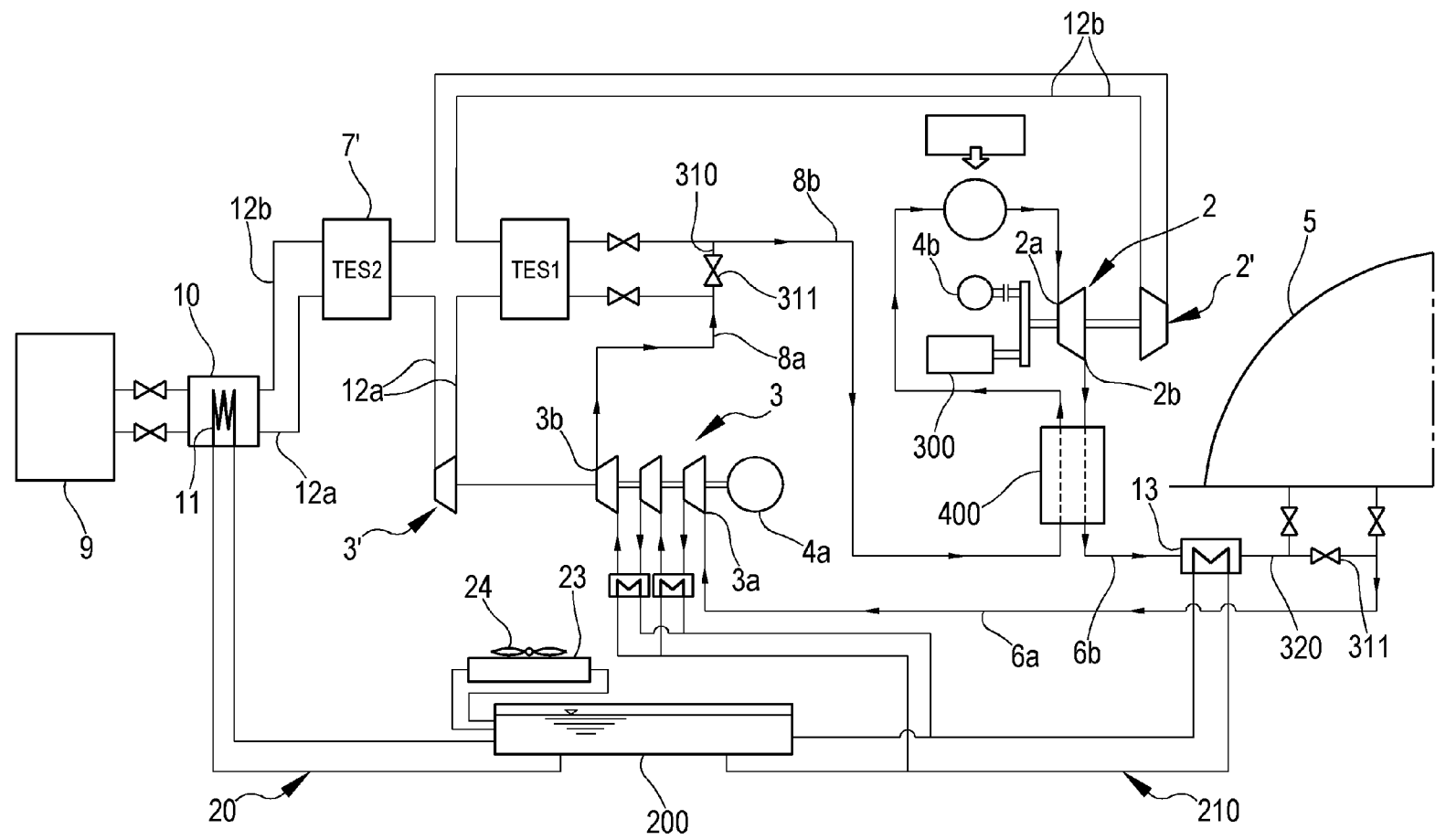
Фиг.9



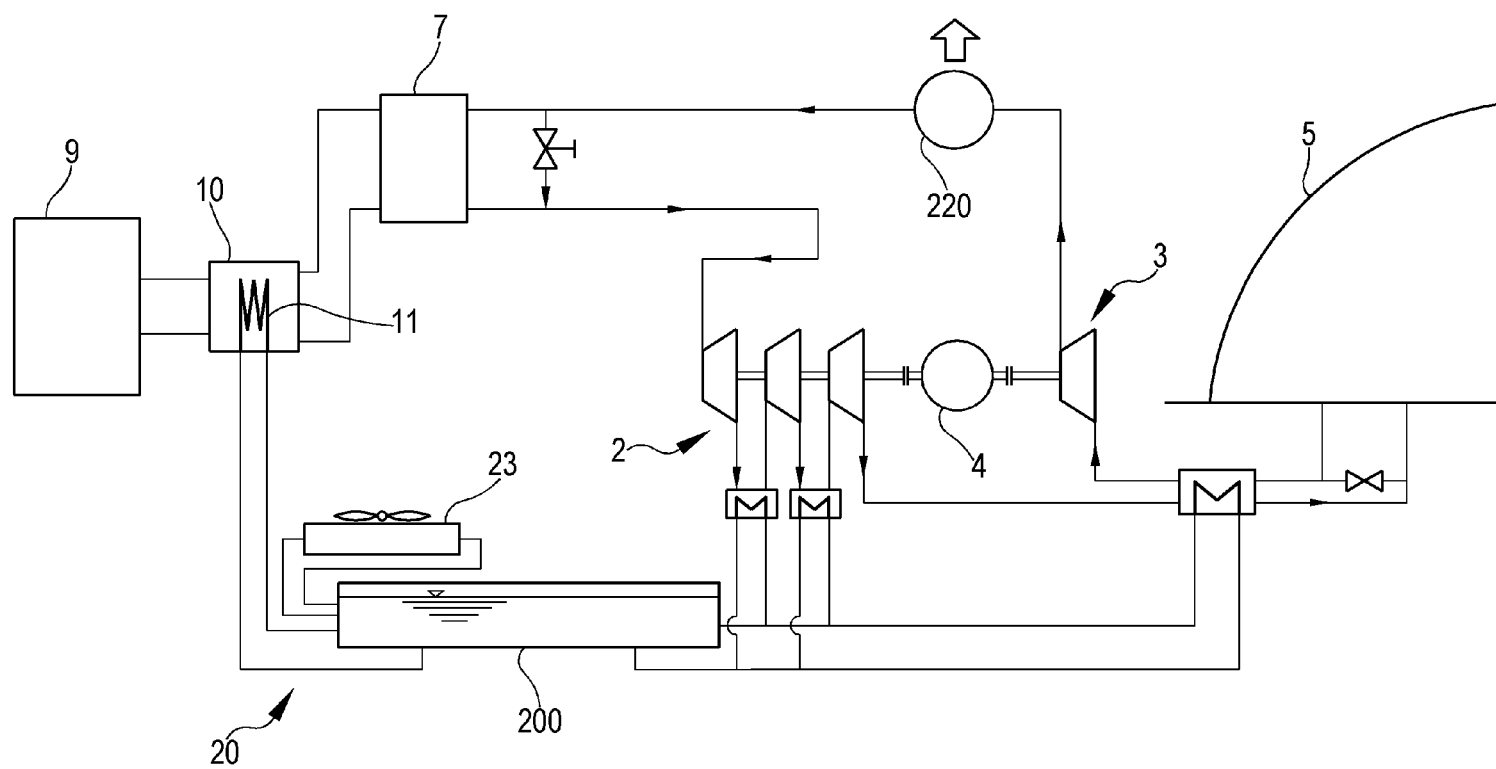
Фиг.10



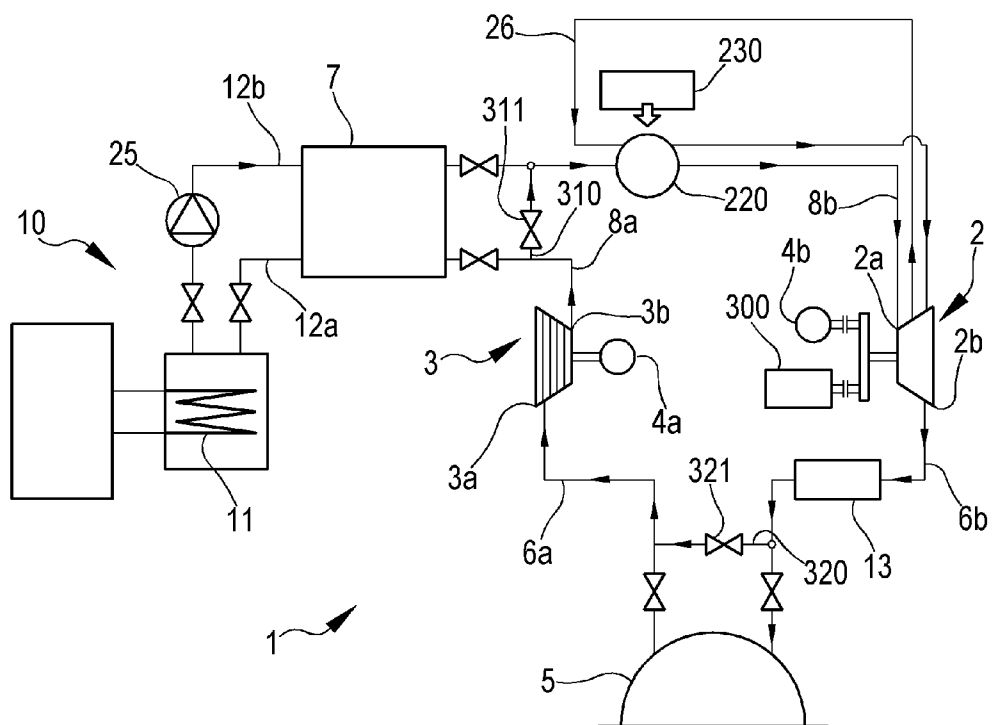
Фиг.11



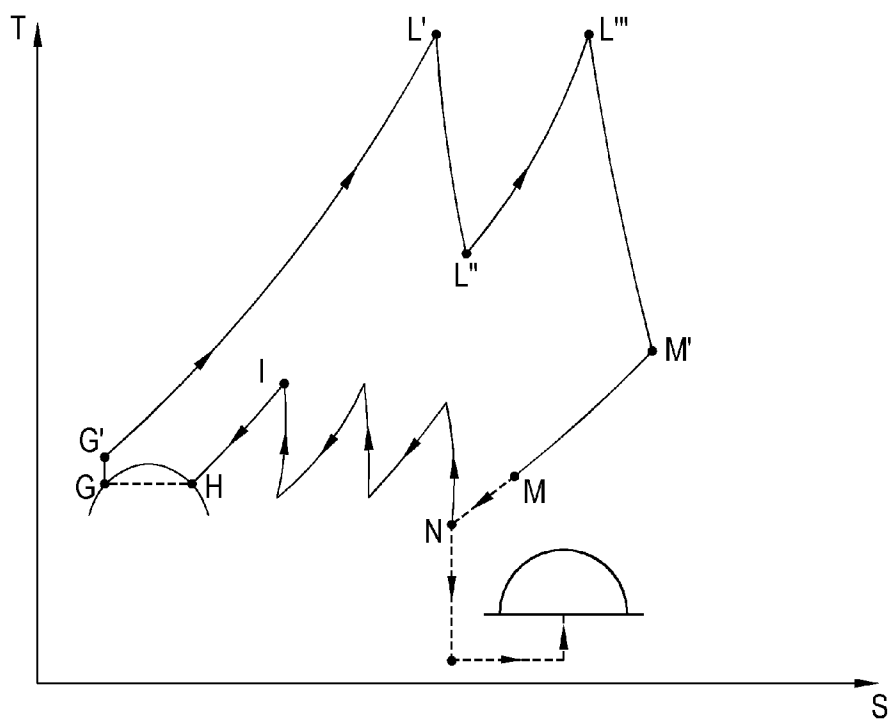
Фиг.12



Фиг.14



Фиг.15



Фиг.16